

SCI-CONF.COM.UA

SCIENCE, TECHNOLOGY AND GLOBAL CHALLENGES



**PROCEEDINGS OF IX INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
MAY 1-3, 2026**

**TOKYO
2026**

SCIENCE, TECHNOLOGY AND GLOBAL CHALLENGES

Proceedings of IX International Scientific and Practical Conference

Tokyo, Japan

1-3 May 2026

Tokyo, Japan

2026

UDC 001.1

The 9th International scientific and practical conference “Science, technology and global challenges” (May 1-3, 2026) CPN Publishing Group, Tokyo, Japan. 2026. 424 p.

ISBN 978-4-9783419-7-6

The recommended citation for this publication is:

Ivanov I. Analysis of the phaunistic composition of Ukraine // Science, technology and global challenges. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Tokyo, Japan. 2026. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/ix-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-science-technology-and-global-challenges-1-3-05-2026-tokio-yaponiya-arhiv/>.

Editor

Komarytsky M.L.

Ph.D. in Economics, Associate Professor

Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighbouring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

e-mail: tokyo@sci-conf.com.ua

homepage: <https://sci-conf.com.ua>

©2026 Scientific Publishing Center “Sci-conf.com.ua” ®

©2026 CPN Publishing Group ®

©2026 Authors of the articles

23.	<i>Мардзявко В. А., Руденко А. Ю.</i>	131
	РЕАЛІЗАЦІЯ ВИБОРУ МАРШРУТУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА ЧЕРЕЗ SCADA/ПЛК ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМІЗАЦІЇ БОЮ	
24.	<i>Потічний О. А.</i>	135
	ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДЕТЕКТОРІВ ГАММА-ФОТОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	
25.	<i>Селютіна Г. А., Лосєва С. М., Бугайчук Н. С., Циновий І. О.</i>	140
	ВПЛИВ СПОСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОБРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЗА ВМІСТОМ ПЕСТИЦИДІВ	
26.	<i>Стефанов В. О., Воронін М. О.</i>	146
	НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПІДШИПНИКІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН З УРАХУВАННЯМ МАСТИЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ОЛИВ	
27.	<i>Хвалюк В. В.</i>	152
	АДАПТИВНИЙ МЕТОД ЦИФРОВОГО ВОДЯНОГО МАРКУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ПРОМІЖНИХ ЗНАЧУЩИХ БІТІВ	
28.	<i>Шаніна О. М., Гавриш Т. В., Боровікова Н. О.</i>	158
	СИНЕРГЕТИЧНИЙ ВПЛИВ АГАРУ ТА ЖЕЛАТИНУ НА УТРИМАННЯ НЕВИМОРОЖЕНОЇ ВОЛОГИ В РИСОВИХ МОДЕЛЬНИХ СИСТЕМАХ	
PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES		
29.	<i>Pysarenko A. M.</i>	167
	MULTISCALE CRACK DETECTION AND CHARACTERIZATION USING STATIONARY WAVELET TRANSFORM	
GEOGRAPHICAL SCIENCES		
30.	<i>Олійник В. Д., Згардан В. В., Албічева Ю. В.</i>	171
	МАРКЕТИНГ І БРЕНДИНГ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ	
PEDAGOGICAL SCIENCES		
31.	<i>Sulima O.</i>	177
	ORGANIZATION OF DISTANCE LEARNING IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS OF UKRAINE USING INFORMATION TECHNOLOGIES	
32.	<i>Боцула Н. П., Боцула С. П.</i>	186
	НЕТВОРКІНГ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ПРАЦЕВЛАШТУВАННЯ ВИПУСКНИКІВ	
33.	<i>Ваховська В., Яковлева В.</i>	190
	ПРОЄКТНА ДІЯЛЬНІСТЬ НА УРОКАХ ГЕОГРАФІЇ	

УДК 621.89

**НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПІДШИПНИКІВ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН З УРАХУВАННЯМ МАСТИЛЬНОЇ
ЗДАТНОСТІ ОЛИВ**

Стефанов Володимир Олександрович,

к.т.н., доцент

Воронін Максим Олексійович,

аспірант

Український державний університет залізничного транспорту
м. Харків, Україна

Анотація: У роботі розглянуто основні чинники, що впливають на зносостійкість підшипників кочення технологічних машин. Проаналізовано режими мащення, мастильну здатність рідких олив та консистентних мастил, наведено рекомендації щодо вибору мастильного матеріалу для умов будівельно-дорожніх та мобільних промислових машин.

Ключові слова: підшипники кочення, зносостійкість, мащення, олива, мастильна здатність, технологічні машини, мащення.

Підшипники кочення є одними з найбільш поширених і відповідальних елементів будь-яких технологічних машин, у тому числі будівельно-дорожніх та мобільних промислових установок. Надійна робота підшипникових вузлів безпосередньо визначає ресурс всієї машини та безпеку її експлуатації. Водночас знос контактних поверхонь тіл і доріжок кочення залишається головною причиною передчасних відмов [1, с. 14].

Аналіз досліджень у галузі трибології та машинобудування свідчить, що зносостійкість підшипників кочення визначається комплексом взаємопов'язаних чинників: якістю мастильного матеріалу та режимом мащення, навантажувально-швидкісними умовами роботи, точністю монтажу і технічним станом сполучених деталей [2, с. 86]. Особлива роль при цьому

належить мастильній здатності оливи — її здатності утворювати ефективну плівку, що розділяє контактуючі поверхні і запобігає їх безпосередньому зіткненню [3].

Режими мащення та крива Штрибека.

Залежно від умов роботи підшипника у зоні контакту тіл кочення з доріжками реалізується один з трьох режимів мащення: граничний, змішаний або рідинний (еластогідродинамічний – ЕГД). Узагальнену картину переходу між цими режимами описує крива Штрибека (рис. 1), де по горизонтальній осі відкладено безрозмірний параметр мащення $\eta \cdot n / P$ (η — динамічна в'язкість оливи, n — частота обертання, P — питома навантаження) [3].

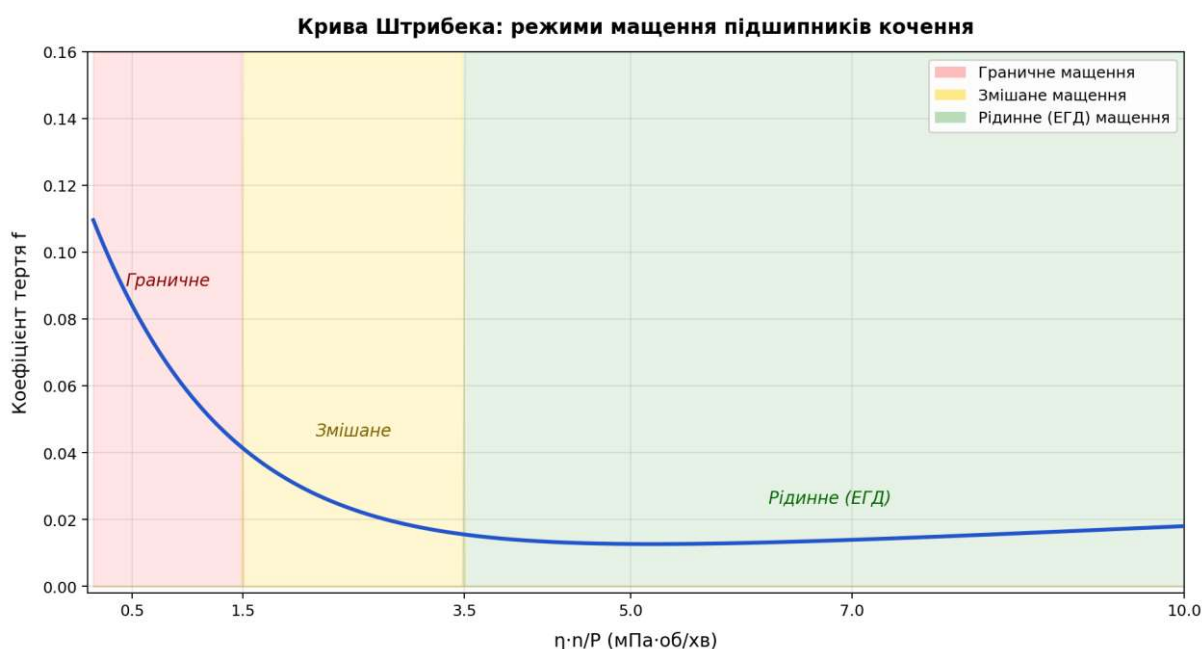


Рис. 1. Залежність коефіцієнта тертя від параметра мащення (крива Штрибека)

У зоні граничного мащення товщина мастильної плівки менша за мікронерівності поверхонь, відбувається безпосередній металічний контакт і найінтенсивніший знос. Саме в цій зоні першочергового значення набувають протизносні та екстремально-тискові присадки оливи [1, с. 21]. В умовах рідинного (ЕГД) мащення тиск у зоні контакту деформує поверхні і підвищує локальну в'язкість оливи, що забезпечує повне розділення поверхонь та

мінімальний знос.

Вплив характеристик олив та мастил на ресурс підшипників.

Базовий розрахунковий ресурс підшипника кочення за стандартом ISO 281:2007 [4] визначається за формулою (1):

$$L_{10} = (C / P)^p, (1)$$

де L_{10} – базовий ресурс (млн обертів) при 90% надійності; C – динамічна вантажопідйомність (кН); P – еквівалентне динамічне навантаження (кН); p – показник ступеня ($p = 3$ для кулькових підшипників, $p = 10/3$ для роликів).

Скоригований ресурс з урахуванням надійності, властивостей матеріалу та умов мащення визначають за формулою (2) [4]:

$$L_{nm} = a_1 \cdot a_{ISO} \cdot L_{10}, (2)$$

де a_1 – коефіцієнт надійності (при 90% – $a_1 = 1,0$; при 95% – $a_1 = 0,64$); a_{ISO} – комплексний коефіцієнт, що враховує властивості мастила, забруднення та навантаження. Ключовим параметром у визначенні a_{ISO} є відношення $k = v/v_1$ – фактичної кінематичної в'язкості оливи до мінімально необхідної для повного ЕГД-мащення. При $k \geq 1$ реалізується ЕГД-режим, ресурс підшипника суттєво зростає [4, 5].

Мінімальна товщина ЕГД-плівки в контактi визначається за формулою Хамрока–Доусона (3) [5]:

$$h_{min} = 3,63 \cdot R_x \cdot U^{0,68} \cdot G^{0,49} \cdot W^{-0,073} \cdot (1 - e^{-0,68k}), (3)$$

де R_x – зведений радіус кривизни контакту; $U = \eta_0 \cdot u / (E' \cdot R_x)$ – параметр швидкості; $G = \alpha \cdot E'$ – параметр матеріалу (α – п'єзокоефіцієнт в'язкості оливи); $W = F / (E' \cdot R_x^2)$ – параметр навантаження; k – параметр еліптичності контакту. Ця формула наочно показує, що збільшення в'язкості оливи η_0 та п'єзов'язкісного коефіцієнта α безпосередньо підвищує товщину мастильної плівки і, відповідно, зносостійкість підшипника [5].

Вибір оливи та перехід від консистентних мастил.

Для мобільних технологічних та будівельно-дорожніх машин традиційно застосовуються консистентні мастила (зокрема, літєві серії Li-EP). Проте, в умовах підвищених швидкостей обертання ($dn > 50\ 000$ мм·об/хв) та широкого

діапазону температур, рідкі оливи демонструють суттєві переваги: вищу мастильну здатність, ефективне відведення тепла та стабільніший режим ЕГД-мащення [1, 2]. Порівняльну характеристику вказаних типів мастильних матеріалів наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика мастильних матеріалів для підшипників кочення

Показник	Олива мінеральна	Олива синтетична	Мастило Li-EP
Кінематична в'язкість при 40°C, мм ² /с	32–68	32–100	—
Температурний діапазон, °C	–20 ... +120	–40 ... +150	–30 ... +130
Параметр k при $n = 1500$ об/хв	1,2–1,8	1,8–2,5	0,7–1,1
Здатність до відведення тепла	Висока	Висока	Низька

Як видно з табл. 1, синтетичні оливи класу ISO VG 46–68 забезпечують значення параметра k вище одиниці у більш широкому діапазоні умов, що відповідає ЕГД-режиму мащення і суттєво підвищує зносостійкість підшипникового вузла. Перехід з консистентного мастила на рідку оливу доцільний при вузлах із замкненим картером, де можливо організувати циркуляційне або масляно-туманне мащення [2, с. 95].

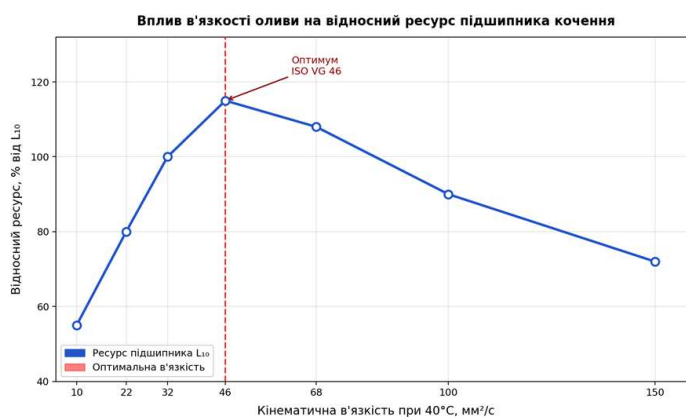


Рис. 2. Вплив кінематичної в'язкості оливи на відносний ресурс підшипника кочення

Графік (рис. 2) ілюструє, що існує оптимальний діапазон в'язкості оливи:

надто низька в'язкість не забезпечує необхідної товщини мастильної плівки, тоді як надмірна в'язкість збільшує втрати на тертя кочення і призводить до теплового навантаження підшипника, що також скорочує його ресурс [3, 5]. Для підшипників кочення мобільних машин оптимальним є клас ISO VG 46–68 при температурі оливи 40–80°C.

Напрямки підвищення зносостійкості.

На основі аналізу літературних джерел [1–5] та власних теоретичних розрахунків можна сформулювати наступні основні напрямки підвищення зносостійкості підшипників кочення технологічних машин:

1. Застосування олив оптимальної в'язкості (ISO VG 46–68) з протизносними присадками на основі ZDDP або MoDTC – забезпечує утворення захисної адсорбційної плівки в умовах граничного та змішаного мащення.

2. Перехід від консистентних мастил до рідких олив у закритих підшипникових вузлах з картерним мащенням – підвищує значення параметра k і переводить контакт у зону ЕГД-мащення.

3. Забезпечення чистоти оливи (фільтрація, клас чистоти ISO 4406 не нижче 16/14/11) – знижує абразивний знос, що особливо критично для будівельно-дорожніх машин.

4. Контроль температурного режиму оливи (40...80 °C) – утримання в'язкості у діапазоні ефективного ЕГД-мащення.

5. Застосування нанодобавок (наночастинок Cu або MoS₂) до базової оливи – перспективний напрямок [5], що дозволяє додатково підвищити несучу здатність плівки та зносостійкість на 15...30 %.

Висновок

Зносостійкість підшипників кочення технологічних машин безпосередньо визначається режимом мащення та мастильною здатністю оливи. Правильний вибір типу та в'язкості мастильного матеріалу з урахуванням формул ISO 281 та ЕГД-теорії дозволяє переводити роботу підшипника в зону рідинного мащення ($k \geq 1$), що забезпечує зростання скоригованого ресурсу у 1,5–3,0 рази

порівняно з граничним режимом [4]. Перехід від консистентних мастил до рідких олів у відповідних вузлах будівельно-дорожніх машин є одним із ключових практичних напрямків підвищення надійності та довговічності підшипникових вузлів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кубіч В. І., Марущак П. О. Триботехнічні характеристики пар тертя в умовах мащення олівами та консистентними мастилами. Запорізький національний університет. Запоріжжя, 2021. 184 с.
2. Yan D., Qu N., Li H., Wang X. Significance of Dimple Parameters on the Lubrication Performance of Bearing Surfaces. *Tribology Transactions*. 2020. Vol. 63, No. 3. P. 84–93.
3. Tu W., Wang H., Liu C., Hu D., Yu W. Influence of temperature on dynamic contact characteristics of oil-jet lubricated rolling bearings. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K*. 2024. DOI: 10.1177/14644193241257207.
4. ISO 281:2007. Rolling bearings — Dynamic load ratings and rating life. International Organization for Standardization. Geneva, 2007. 51 p.
5. Hamrock B. J., Dowson D. Ball Bearing Lubrication: the Elastohydrodynamics of Elliptical Contacts. Wiley-Interscience, New York, 1981. 386 p.