

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТОВЩИНИ МАСТИЛЬНОГО ШАРУ В ЛОКАЛЬНОМУ КОНТАКТІ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, dmitrichenko@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Савчук А.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, tolik_savchuk@bigmir.net, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Глухонець А.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна, hanti@i.ua, orcid.org/0000-0002-1183-6722

FEATURES OF LUBRICANE LAYER CREATING IN A LOCAL CONTACT

Dmytrychenko M.F., doctor of technical science, National Transport University, Kyiv, Ukraine, dmitrichenko@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Savchuk A.N., associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, tolik_savchuk@bigmir.net, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Hlukhonetz A.A., National Transport University, Kyiv, Ukraine, hanti@i.ua, orcid.org/0000-0002-1183-6722

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТОЛЩИНЫ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ В ЛОКАЛЬНОМ КОНТАКТЕ

Дмитриченко Н.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, dmitrichenko@ntu.edu.ua /0000-0003-4223-1838

Савчук А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, tolik_savchuk@bigmir.net /0000-0001-5460-4879

Глухонець А.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, hanti@i.ua/ 0000-0002-1183-6722

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідженням формування товщини мастильного шару займалось багато вчених: Чичинадзе А.В., Гаркунов Д.Н., Дмитриченко М.Ф., Мнацаканов Р.Г., Мікосянчик О.О. Міланенко О.А, Савчук А.М.

Викладення невирішених питань.

Сучасні машини та механізми являють собою сукупність трибосистем. Сила тертя, інтенсивність зношування трибоповерхонь, шум, вібрація – це ті фактори, які впливають на експлуатаційні показники і, як наслідок, на довговічність роботи трибовузлів. Основні експлуатаційні характеристики будь-якої трибосистеми значною мірою залежать від правильного підбору, якості та властивостей конструкційних і мастильних матеріалів, шорсткості поверхонь (зокрема об'ємної просторової конфігурації) та макрогеометричних показників [1].

Постановка завдання.

Явища, які протікають в тонкому мастильному шарі, відрізняються складністю та багатогранністю. По товщині мастильного шару можна встановити режим мащення від рясного мащення до масляного голодування [2] Одним із головних аспектів ЕГД – мащення точкового контакту являється вплив швидкості кочення на товщину мастильного шару. За зміною товщини мастильного шару в залежності від швидкості кочення дозволяє виявити вплив реологічних особливостей широкого спектру мастильних матеріалів на працездатність підшипників кочення.

Згідно умова чистого кочення необхідна для того, щоб уникнути підвищення температури мастильного матеріалу і подальшого зниження в'язкості на вході внаслідок проковзування, розсіювання енергії за рахунок в'язкого тертя [3,4]. Щоб гарантувати умови чистого кочення (коли швидкості поверхонь рівні), для контакту кулька-диск, повинно виконуватись наступне співвідношення $V_1=V_2$ у виразі:

$$V_1 - V_2 = \frac{2\pi}{60} \cdot (\omega_1 \cdot r_1 - \omega_2 \cdot r_2), \quad (1.1)$$

де V_1, V_2 – лінійні швидкості кульки і диска; r_1, r_2 – радіуси кульки і диска; ω_1 і ω_2 – кутові швидкості кульки і диска.

Для того, щоб виконувалась умова чистого кочення, необхідно виконання умови $\omega_1 = 3\omega_2$, тобто необхідно щоб кутова швидкість кульки перевищувала кутову швидкість диска в 3 рази, тоді вираз 3.1 прийме вигляд:

$$r_2 = 3r_1. \quad (1.2)$$

Таким чином умова чистого кочення була забезпечена шляхом зміщення кульки від центру обертання диска на відстань, яка втричі більше власного радіусу.

Для забезпечення проковзування 20% між контактуючими поверхнями пар тертя було здійснено зміщення зони контакту шарика з диском на відстань 38,8мм від центру обертання, що дало можливість вимірювати швидкість кочення із проковзуванням.

Викладення основного матеріалу.

Метою даного експериментального дослідження являється встановлення впливу експлуатаційного параметру пар тертя – швидкості кочення (умова чистого кочення та кочення з проковзуванням 20%) на динаміку процесу формування товщини мастильного шару в центральній зоні контакту між експериментальними контактуючими поверхнями: «стальна кулька – скляний диск». При дослідженні використовувалися 6 марок оливо: 1) моторна олива SAE15w40LUX; 2) моторна олива M8Г2К; 3) моторна олива M10Г2К; 4) олива I-40; 5) олива універсальна моторно–трансмійна ЄМ-8, 6) олива ЄМТ ПРОТЕК. Діапазон зміни швидкостей складав від 0 до 1,8 м/с; температура оливо впродовж експерименту становила 20°C; контактна напруга складала 251,5 МПа. Товщина мастильного шару в контакті визначалась методом оптичної інтерферометрії.

Для характеристики процесу мащення існує безрозмірний параметр λ – режим мащення, який визначається за формулою[5]:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{R_{a1}^2 + R_{a2}^2}},$$

де h – товщина мастильного шару, мкм

R_{a1} – середньоарифметичне відхилення профілю скляного диска, мкм

R_{a2} – середньоарифметичне відхилення профілю сталюї кульки (ролика), мкм.

Класифікація режимів мащення згідно значення λ наступна:

$\lambda = 0 - 1$ – напівсухий;

$\lambda = 1 - 1,5$ – граничний;

$\lambda = 1,5 - 3$ – змішаний з переважанням граничного;

$\lambda = 3 - 4$ – еластогідродинамічний;

$\lambda \geq 4$ – гідродинамічний.

Результати досліджень для чистого кочення:

При використанні в якості мастильного матеріалу оливи SAE15w40LUX встановлено, що формування товщини мастильного шару відбувається при швидкості $V_{\Sigma k} = 0,064$ м/с, дійсна товщина мастильного шару складала $h_d = 0,123 \times 10^{-6}$ м (рис.1), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda = 1,2$ (рис.2). Із ростом швидкості товщина мастильного шару зростає і при швидкості $V_{\Sigma k} = 0,404$ м/с вона складає $h_d = 0,409 \times 10^{-6}$ м (рис.1), при цьому реалізується гідродинамічний режим мащення $\lambda = 4,087$ (рис.2), який домінує до $V_{\Sigma k} = 0,724$ м/с.

Використовуючи в якості мастильного матеріалу моторну оливу M8Г2К встановлено, що при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma k} = 0,06$ м/с відбувається формування товщини масляної плівки, яка складає $h_d = 0,124 \times 10^{-6}$ м (рис.1), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda = 1,24$ (рис.2). Досягнувши $V_{\Sigma k} = 0,636$ м/с товщина мастильного шару складає $h_d = 0,411 \times 10^{-6}$ м (рис.1), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda = 4,113$ (рис.2), характерний до $V_{\Sigma k} > 0,9304$ м/с.

При виконанні порівняльного аналізу щодо властивостей дослідженої оливи з вище описаною необхідно відмітити, що даний мастильний матеріал SAE15w40LUX в період пуску формує майже аналогічні товщини масляної плівки (у відповідності до інтерференційного методу) з оливою M8Г2К (різниця 1,2-2,2%), але при менших швидкостях кочення (6%), що можна пояснити наявністю іншого комплексу присадок при практично однаковій в'язкості.

Використовуючи в якості мастильного матеріалу моторну оливу M10Г2К встановлено, що при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma k} = 0,076$ м/с відбувається формування товщини масляної плівки, яка складає $h_d = 0,122 \times 10^{-6}$ м (рис.3.1), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda = 1,223$

(рис.3.2). Досягнувши $V_{\Sigma k}=0,484\text{м/с}$ товщина мастильного шару складає $h_d=0,406\times 10^{-6}\text{м}$ (рис.1), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda=4,061$ (рис.2).

Використовуючи в якості мастильного матеріалу оливу ЄМТ-8 встановлено, що при $V_{\Sigma k}=0,116\text{м/с}$ відбувається формування товщини масляної плівки, яка складає $h_d=0,127\times 10^{-6}\text{м}$ (рис.1), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda=1,272$ (рис.2). Досягнувши швидкості $V_{\Sigma k}=0,812\text{м/с}$ товщина мастильного шару складає $h_d=0,422\times 10^{-6}\text{м}$ (рис.1), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda=4,222$ (рис.2), який домінує до $V_{\Sigma k} = 1,684 \text{ м/с}$.

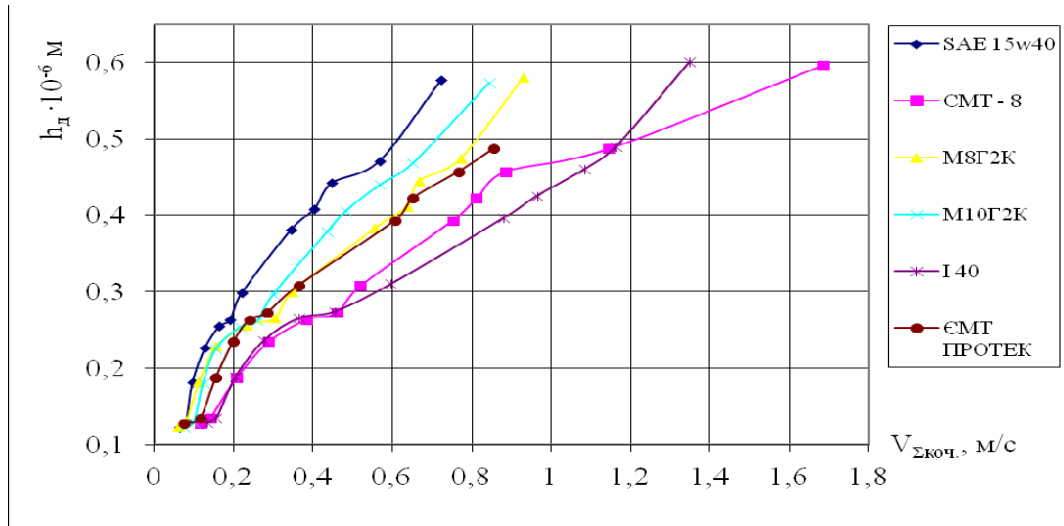


Рисунок 1 – Вплив швидкості кочення $V_{\Sigma\text{кочч}}$ на формування товщини мастильного шару h_d в контактi при чистому коченні

Figure 1 – Effect of rolling velocity $V_{\Sigma\text{roll}}$ on the formation of the thickness of the lubricating layer h_{real} in contact with pure rolling

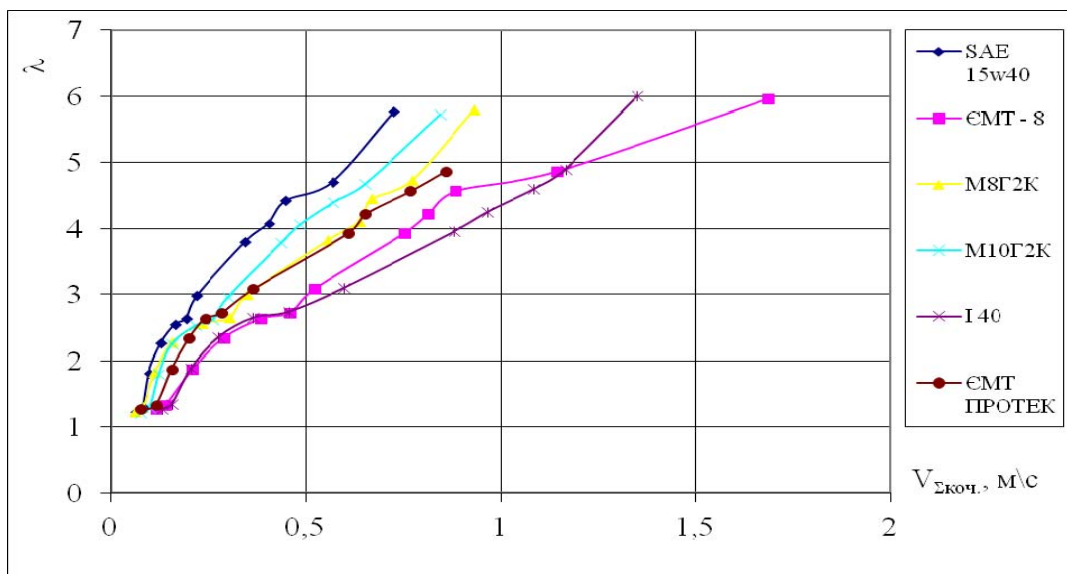


Рисунок – 2 Вплив сумарної швидкості кочення контактуючої пари $V_{\Sigma\text{кочч.}}$ на встановлення режимів мащення λ

Figure 2 – The influence of the total rolling speed of the contact pair $V_{\Sigma\text{roll}}$ to set the lubrication modes λ

Застосовуючи в якості мастильного матеріалу оливу I-40 встановлено, що товщина масляної плівки формується при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma k}=0,132\text{м/с}$ і становить $h_d=0,128\times 10^{-6}\text{м}$ (рис.1), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda=1,28$ (рис.2). Досягнувши швидкості кочення $V_{\Sigma k}=0,964 \text{ м/с}$ товщина мастильного шару складає $h_d=0,425\times 10^{-6} \text{ м}$ (рис.1), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda=4,25$ (рис.2), який характерний до $V_{\Sigma k} = 1,349 \text{ м/с}$.

При застосуванні оливи ЄМТ ПРОТЕК в якості мастильного матеріалу встановлено, що товщина масляної плівки формується при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma k} = 0,076$ м/с і становить $h_d = 0,127 \times 10^{-6}$ м (рис.1), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda = 1,27$ (рис.2). Досягнувши швидкості кочення $V_{\Sigma k} = 0,652$ м/с товщина мастильного шару складає $h_d = 0,422 \times 10^{-6}$ м (рис.1), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda = 4,22$ (рис.2), який характерний до $V_{\Sigma k} = 0,856$ м/с.

Виходячи з отриманих експериментальних даних можна стверджувати, що ефективність змащувальної дії в контакті повинна визначатися виходячи зі знань про реологію мастильного матеріалу та матеріалу контактних поверхонь, а також ґрунтуватися на підборі оливи з певною кінематичною в'язкістю. Всі ці параметри в сукупності зможуть забезпечити відповідність робочим та експлуатаційним вимогам до вузлів та механізмів.

Результати досліджень для кочення з проковзуванням 20%:

При використанні в якості мастильного матеріалу оливи SAE 15w40 LUX встановлено, що формування товщини мастильного шару відбувається при швидкості $V_{\Sigma k} = 0,068$ м/с, дійсна товщина мастильного шару складала $h_d = 0,123 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda = 1,231$ (рис.4). Із ростом швидкості товщина мастильного шару зростає і при швидкості $V_{\Sigma k} = 0,365$ м/с вона складає $h_d = 0,409 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому реалізується гідродинамічний режим мащення $\lambda = 4,087$ (рис.4), який домінує до $V_{\Sigma k} = 0,675$ м/с.

Використовуючи в якості мастильного матеріалу моторну оливу М8Г2К встановлено, що при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma k} = 0,045$ м/с відбувається формування товщини масляної плівки, яка складає $h_d = 0,124 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda = 1,24$ (рис.4). Досягнувши $V_{\Sigma k} = 0,351$ м/с товщина мастильного шару складає $h_d = 0,411 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda = 4,113$ (рис.4), характерний до $V_{\Sigma k} > 0,654$ м/с.

Використовуючи в якості мастильного матеріалу моторну оливу М10Г2К встановлено, що при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma k} = 0,079$ м/с відбувається формування товщини масляної плівки, яка складає $h_d = 0,122 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda = 1,223$ (рис.4). Досягнувши $V_{\Sigma k} = 0,512$ м/с товщина мастильного шару складає $h_d = 0,406 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda = 4,061$ (рис.4).

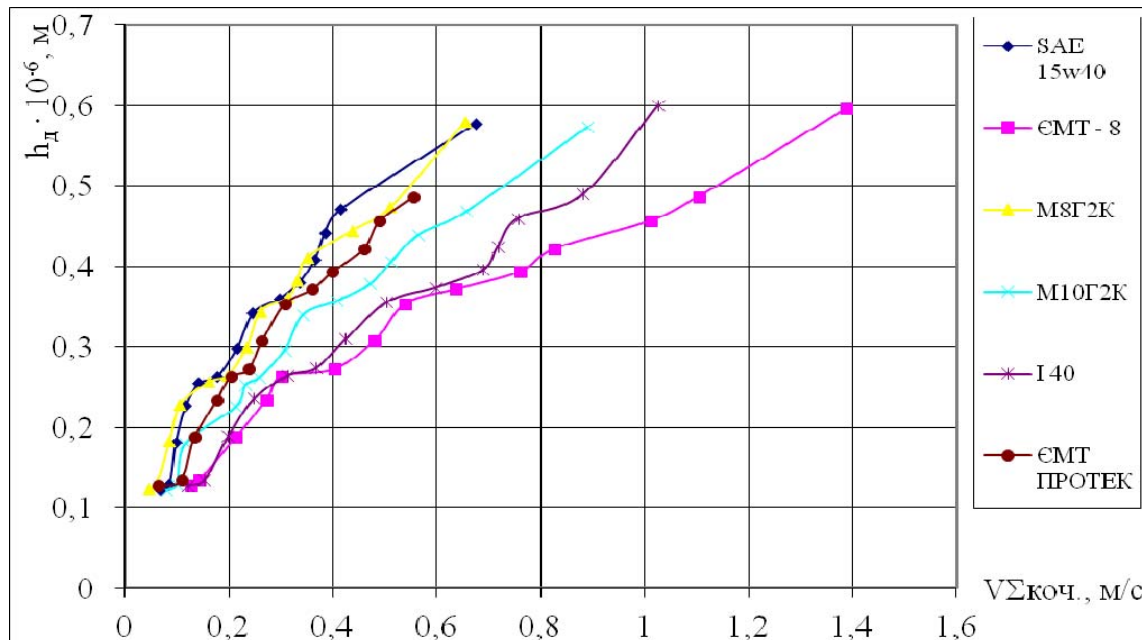


Рисунок 3 – Вплив швидкості кочення $V_{\Sigma k}$ на формування товщини мастильного шару h_d в контакті при коченні з проковзуванням (20%)

Figure 3 – Impact of rolling velocity $V_{\Sigma roll}$ on the formation of the thickness of the lubricating layer h_{real} in contact when rolling with slip (20%)

Використовуючи в якості мастильного матеріалу оливу ЄМТ-8 встановлено, що при $V_{\Sigma k} = 0,126$ м/с відбувається формування товщини масляної плівки, яка складає $h_d = 0,127 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda = 1,272$ (рис.4). Досягнувши швидкості $V_{\Sigma k} = 0,827$

м/с товщина мастильного шару складає $h_d=0,422 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda=4,222$ (рис.4), який домінує до $V_{\Sigma k} = 1,388$ м/с.

Застосовуючи в якості мастильного матеріалу оливу I-40 встановлено, що товщина масляної плівки формується при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma k}=0,119$ м/с і становить $h_d=0,128 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda=1,28$ (рис.4). Досягнувши швидкості кочення $V_{\Sigma k}=0,717$ м/с товщина мастильного шару складає $h_d=0,425 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda=4,25$ (рис.4), який характерний до $V_{\Sigma k} = 1,026$ м/с .

Застосовуючи в якості мастильного матеріалу оливу ЄМТ ПРОТЕК встановлено, що товщина масляної плівки формується при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma k}=0,065$ м/с і становить $h_d=0,127 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda=1,27$ (рис.4). Досягнувши швидкості кочення $V_{\Sigma k}=0,458$ м/с товщина мастильного шару складає $h_d=0,422 \times 10^{-6}$ м (рис.3), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda=4,22$ (рис.4), який характерний до $V_{\Sigma k}=0,554$ м/с .

За результатами отриманих експериментальних даних можна стверджувати, що для всіх досліджених марок мастильних матеріалів спостерігається поступове зростання товщини мастильного шару в контакт при збільшенні швидкості кочення.

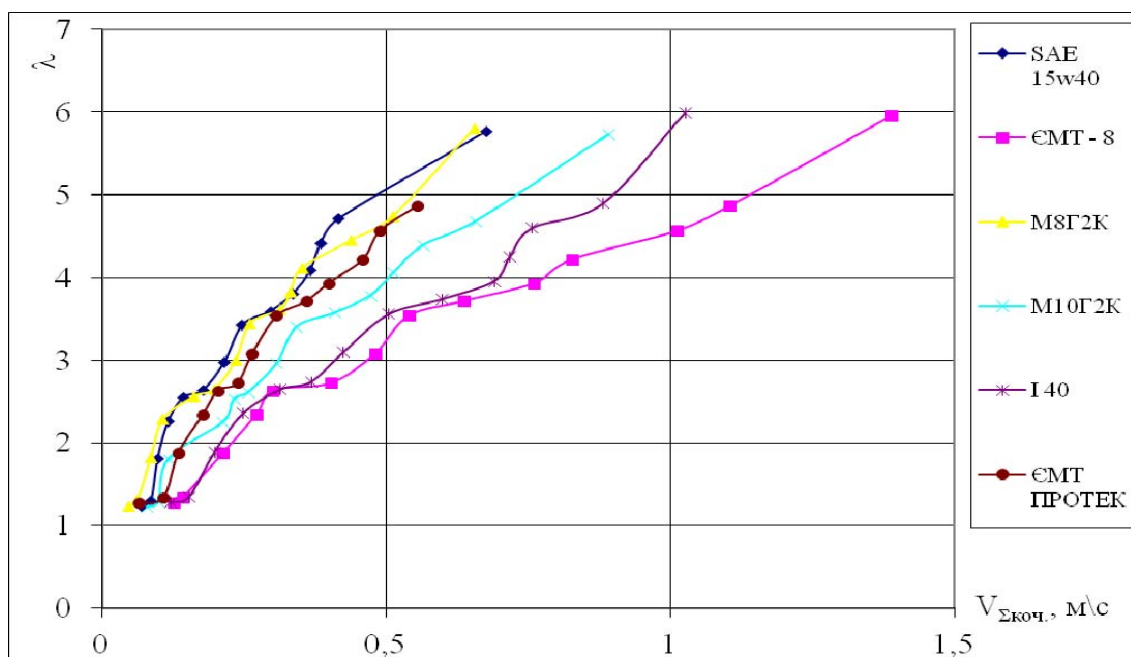


Рисунок 4 – Вплив сумарної швидкості кочення контактуючої пари $V_{\Sigma kоч}$ на встановлення режимів мащення λ

Figure 4 – The influence of the total rolling speed of the contact pair $V_{\Sigma roll}$ to set the lubrication modes λ

Висновок. 1. Виходячи з отриманих експериментальних даних ряс чистого кочення впливає, що олива ЄМТ ПРОТЕК перевищує швидкість початку формування мастильної плівки оливи ЄМТ на 35%, але поступається за швидкістю створення еластогідродинамічної плівки таким мастильним матеріалам як: 15w40LUX – 3%; M8Г2К – 3%; M10Г2К – 5%.

За результатами проведених експериментальних досліджень щодо визначення змащувальної дії олив різного складу та експлуатаційного призначення було встановлено, що в період пуску в парі тертя кінетика формування товщини мастильного шару залежить від швидкості кочення – при зростанні якої відбувається підвищення товщини мастильного шару в центральній зоні контакту, що призводить до встановлення відповідних режимів мащення (від граничного до гідродинамічного). Визначальну роль відіграє кінематична в'язкість мастильного матеріалу, яка, в основному, залежить від базової основи олив та кількісного вмісту присадок [5].

2. Оскільки трибологічний стан системи при граничному мащенні визначається процесами на поверхнях розділення тверде тіло–мастильний матеріал–тверде тіло, то в умовах проковзування в початковий період формування (реалізується граничний режим мащення) товщини мастильного шару було зафіксовано дві тенденції:

- збільшення сумарної швидкості кочення для олив SAE15w40LUX, M10Г2К та ЄМТ-8;
- зменшенням сумарної швидкості кочення для олив M8Г2К, I-40, ЄМТ ПРОТЕК.

Наприклад, для оливи М8Г2К встановлена найменша швидкість кочення, при якій спостерігається початкове формування граничного мастильного шару – 0,045м/с, яка на 25% менша, ніж при чистому коченні. Оливи І-40, ЄМТ ПРОТЕК здатні формувати початкову (мінімальну) товщину граничного шару швидше відповідно на 10% та 14%, ніж в умовах кочення без проковзування. Ми вважаємо, що властивості граничних плівок, в даному випадку, залежать не від в'язкості мастильного матеріалу, а від наявності і ефективності ПАР, які мають полярні молекули.

Виходячи із отриманих експериментальних даних в умовах кочення з проковзуванням на нашу думку реалізуються сприятливі умови для зменшення початкової швидкості кочення зі встановленням граничного режиму мащення при використанні мастильних матеріалів, які містять ПАР, що мають полярні молекули.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Міланенко О.А. Мастильна дія оливи у точковому контакті тертя в умовах рясного мащення та мастильного голодування: Дис. на здобуття наукового ступеня к.т.н.: 05.02.04 / Міланенко Олександр Анатолійович. – К.: НАУ, 2000. – 214 с.
2. Дмитриченко М.Ф. Еластогідродинаміка: теорія і практика: Монографія / Дмитриченко М.Ф. – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2000. – 224 с.: табл., іл..
3. Дмитриченко М.Ф., Білякович О.М., Міланенко О.А. і ін Триботехнічні характеристики мастильних матеріалів в умовах експлуатації машин і механізми: монограф./ -К.: НТУ, 2016. – 124с.
4. Дмитриченко М.Ф., Білякович О.М. Моніторинг стану трибсистем в умрвах експлуатації: монографія/ М.Ф Дмитриченко., О.М.Білякович.-К.: НТУ, 2014 160с.
5. Савчук А.М. Кінетика зміни змащувальних властивостей трансмісійних і моторних мастильних матеріалів в умовах рясного та обмеженого мащення: дис. канд. техн. наук : 05.02.04 / А. М. Савчук ; Нац. трансп. ун-т. – К., 2010. – 210 с.

REFERENCES

1. Milanenko A.A The lubricating effect of oils in point contact friction conditions abundant lubrication and lubricant starvation: Dis. for the degree of Ph.D. : 05.02.04 / Milanenko Alexandr. – K.: NAU, 2000 – 214p. [in Ukrainian]
2. Dmytrichenko N.F. Elastohydrodynamics: Theory and Practice: Monograph / Dmytrychenko N.F. – Lviv: Publisher of the National University «Lviv Polytechnic», 2000. – 224 pages: tab., Ill. [in Ukrainian]
3. Dmytrychenko N.F., Bilyakovich O.N., Milanenko A.A. etc. Tribotechnical characteristics of lubricants in the operating conditions of machines and mechanisms: monograph./-K. : NTU, 2016. – 124p. [in Ukrainian]
4. Dmytrychenko N.F, Bilyakovich O.N. Monitoring of the state of tribsystems in the operating environment: monograph / MF Dmytrychenko., OM Bilyakovich. : NTU, 2014 – 160 p. [in Ukrainian]
5. Savchuk A.N. Kinetics of change of lubricating properties of transmission and motor lubricants in conditions of abundant and limited lubrication: Dis. for the degree of Ph.D. : 05.02.04 / AM Savchuk; Nat. trans. Univ. – K., 2010. – 210 p. [in Ukrainian]

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Особливості формування товщини мастильного шару в локальному контакті / М.Ф.Дмитриченко, А.М. Савчук, А.О.Глухонець // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2021. – Вип. 1 (48).

В статті представлені результати дослідження впливу параметру швидкості кочення за умови чистого кочення та кочення з проковзуванням 20% на кінетику формування товщини мастильного шару в центральній зоні контакту.

Метою експериментального дослідження являється встановлення впливу експлуатаційного параметру пар тертя – швидкості кочення (умова чистого кочення та кочення з проковзуванням 20%) на динаміку процесу формування товщини мастильного шару в центральній зоні контакту між експериментальними контактуючими поверхнями: «стальна кулька – скляний диск». В роботі були використані оливи різного експлуатаційного призначення, а саме моторні оливи для бензинових та дизельних двигунів (М8Г2К, М10Г2К), універсальна моторна олива (SAE15w40LUX) та універсальні моторно-трансмісійні оливи (ЄМТ-8, ЄМТ ПРОТЕК), а також базова мінеральна олива(І-40). Приріст швидкості кочення відбувався від 0 до 1,8 м/с; при об'ємній температурі оливи 20°C; контактній напрузі 251,5 МПа. Товщина мастильного шару в контакті визначалась методом оптичної інтерферометрії.

За результатами проведених експериментальних досліджень щодо визначення змащувальної дії оливи різного складу та експлуатаційного призначення було встановлено, що в період пуску в парі тертя кінетика формування товщини мастильного шару залежить від швидкості кочення – при зростанні якої відбувається підвищення товщини мастильного шару в центральній зоні контакту, що

призводить до встановлення відповідних режимів мащення (від граничного до гідродинамічного). Визначальну роль відіграє кінематична в'язкість мастильного матеріалу, яка, в основному, залежить від базової основи олів та кількісного вмісту присадок.

Виходячи із отриманих експериментальних даних в умовах кочення з проковзуванням сприятливі умови для зменшення початкової швидкості кочення зі встановленням граничного режиму мащення при використанні мастильних матеріалів, які містять ПАР, що мають полярні молекули.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛАСТОГІДРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ШВИДКІСТЬ КОЧЕННЯ, ЧИСТЕ КОЧЕННЯ, КОЧЕННЯ З ПРОКОВЗУВАННЯМ, ТОВЩИНА МАСТИЛЬНОГО ШАРУ.

ABSTRACT

Dmytrichenko N.F., Savchuk A.N., Hlukhonets A.A. Features of lubricane layer creating in a local contact. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 1 (48).

The article presents the results of research of the influence of the rolling speed parameter during pure rolling and 20% rolling with slip on the kinetics of formation of the lubricant layer thickness in the central contact zone.

The aim of experimental research is establishing the impact of operational parameters of friction pairs – speed rolling (a pure rolling and 20% rolling with slip) the dynamics of the process of forming the lubricant layer thickness in the central contact zone between contacting surfaces experimental «steel ball – glass disc.» Oils of various operational purpose were used in the research work, namely motor oils for gasoline and diesel engines (M8Г2К, M10Г2К), universal motor oil (SAE15w40LUX) and universal motor-gear oils (ЄМТ-8, ЄМТ ПРОТЕК) (I-40). The increase in rolling speed was shifted from 0 to 1.8 m / s; at a volumetric temperature (об'ємній температурі) of oils 20°C; contact stress of 251.5 МПа. The thickness lubricating layer in contact was determined by optical interferometry.

According to the results of experimental researches concerning determination of the lubricating action of oils in different composition and operational purpose, it was found that during the period of friction steam kinetics of the formation of the lubricant layer thickness depends on the rolling speed – with the increase of which there is an increase in the lubricant layer thickness in the central contact zone, leading to the establishment of appropriate lubrication modes (from boundary to hydrodynamic). Decisive role kinematic viscosity of the lubricant, which depends on the base of oils and quantitative content of the additives.

Based on the experimental data obtained in conditions of the rolling with slip, favorable conditions for reducing the initial rolling speed by setting the maximum lubrication regime when using lubricant which contained surfactants with polar molecules.

KEY WORDS: ELASTOHYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS, ROLLING SPEED, CLEAN ROLLING, SUSPENSION ROLLING, THICKNESS OF THE LUBRICATION LAYER

РЕФЕРАТ

Дмитриченко Н.Ф. Динамика формирования толщины смазочного слоя в условиях локального контакта / Н.Ф.Дмитриченко, А.Н. Савчук, А.А.Глухонец // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2021. – Вып. 1 (48).

В статье представлены результаты исследования влияния параметра скорости качения при чистом качении и качения с проскальзыванием 20% на кинетику формирования толщины смазочного слоя в центральной зоне контакта.

Целью экспериментального исследования является установление влияния эксплуатационного параметра пар трения – скорости качения (условие чистого качения и качения с проскальзыванием 20%) на динамику процесса формирования толщины смазочного слоя в центральной зоне контакта между экспериментальными контактирующими поверхностями: «стальной шарик – стеклянный диск». В работе были использованы масла различного эксплуатационного назначения, а именно моторные масла для бензиновых и дизельных двигателей (M8Г2К, M10Г2К), универсальное моторное масло (SAE15w40LUX) и универсальные моторно-трансмиссионные масла (ЄТТ-8, ЄТТ ПРОТЕК), а также базовое минеральное масло (I-40). Прирост скорости качения был от 0 до 1,8 м/с; при объемной температуре масел 20°C; контактном напряжении 251,5 МПа. Толщина смазочного слоя в контакте определялась методом оптической интерферометрии.

По результатам проведенных экспериментальных исследований по определению смазочного действия масел различного состава и эксплуатационного назначения было установлено, что в период пуска в паре трения кинетика формирования толщины смазочного слоя зависит от скорости качения – при росте которой происходит повышение толщины смазочного слоя в центральной зоне контакта,

что приводит к установлению соответствующих режимов смазки (от предельного до гидродинамического). Определяющую роль играет кинематическая вязкость смазочного материала, которая, в основном, зависит от базовой основы масел и количественного содержания присадок.

Исходя из полученных экспериментальных данных в условиях качения с проскальзыванием благоприятные условия для уменьшения начальной скорости качения с установлением предельного режима смазки при использовании смазочных материалов, содержащих ПАВ, имеющих полярные молекулы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СКОРОСТЬ КАЧЕНИЯ, ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА, ТОЛЩИНА СМАЗОЧНОГО СЛОЯ, ЭЛАСТОГИДРОДИНАМИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

АВТОРИ:

Дмитриченко Микола Федорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044)2808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 318, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Савчук Анатолій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, тел. (044)2801886, Україна, 01010, м. Київ, вул., вул. Омеляновича-Павленка, 1, к.102, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Глухонець Андрій Олексійович, асистент кафедри «Екології та безпеки життєдіяльності», e-mail: hanti@i.ua, тел. (044)2801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к.312, orcid.org/0000-0002-1183-6722

AUTHORS:

Dmytrychenko Nikolay F., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, tel. (044)2808203, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 318, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Savchuk Anatoliy N, associate professor, National Transport University, associate professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 102, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Hlukhonets Andrew A., assistant, National Transport University, assistant of Ecology and safety of life, e-mail: hanti@i.ua, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 312, orcid.org/0000-0002-1183-6722

АВТОРЫ:

Дмитриченко Николай Федорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Производство, ремонт и материалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044)2808203, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко, 1, к. 318, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Савчук Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материалознавство», e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко, 1, к.102, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Глухонец Андрей Алексеевич, ассистент, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности», e-mail: hanti@i.ua, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко, 1, к.312, orcid.org/0000-0002-1183-6722

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гутаревич Ю.Ф, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

Тамаргазін О.А., доктор технічних наук, Національний авіаційний університет, професор кафедри екології та технологій аеропортів, Київ, Україна.

REVIEWER:

Gutarevich Y.F. Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, professor department of motors and heating, Kyiv, Ukraine.

Tamargazin O.A., Ph.D., Engineering (Dr.), National Aviation University, professor department ecology and safety of vital functions, Kyiv, Ukraine.