УДК 621.891
UDK 621.891

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ТОВЩИНИ МАСТИЛЬНОГО ШАРУ В СТАЦІОНАРНИХ УМОВАХ

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
Турица Ю.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, yuliya_tur@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2205-0426

ESTABLISHMENT OF THE REGULARITIES OF THE FORMATION OF THE THICKNESS OF THE LUBRICATING LAYER IN STATIONARY CONDITIONS

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., PhD., National Transport University, Kyiv, Ukraine, tolik_savchuk@bigmir.net, orcid.org/0000-0001-5460-4879
Turitsa Y.A., PhD., National Transport University, Kyiv, Ukraine, yuliya_tur@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2205-0426

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ТОЛЩИНЫ МАСЛЯНОГО СЛОЯ В СТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ

Дмитриченко Н.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, dmitrichenko@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4223-1838
Савчук А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, tolik_savchuk@bigmir.net, orcid.org/0000-0001-5460-4879
Турица Ю.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, yuliya_tur@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2205-0426

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стаціонарні умови роботи є найбільш поширеними при експлуатації транспортних засобів, зокрема, автобусів та вантажних автомобілів міжміського та міжнародного сполучення [1]. В цілому стан системи при режимах мащення, особливо при граничному режимі, визначається процесами на поверхнях розділу тверде тіло – мастильний матеріал – тверде тіло, на які впливають чинники навколишнього середовища [2]. З метою встановлення в трибологічному контакті механізму граничної змащувальної дії, необхідно розглянути фізико-хімічні процеси утворення проміжної захисної плівки між контактними поверхнями, яка здатна убезпечити тверді тіла від безпосереднього контакту [3].

Постановка проблеми. Мастильні матеріали повинні забезпечувати надійну роботу устаткування в умовах тривалої роботи та в широкому інтервалі зміни температур при режимах граничного і гідродинамічного мащення або їх поєднаннях [4]. В межах застосування гідродинамічної теорії мащення єдиною властивістю олив, яка визначає їх змащувальну дію, є в'язкість [5]. В'язкість мастильної рідини є ефективним окремим показником, за яким визначають сферу застосування оливи. Дуже важливо встановити взаємозв’язок між несучою здатністю олив, їх реологічними і антифрикційними властивостями. На сучасному етапі встановлено, що неньютонівські властивості мастильних матеріалів суттєво впливають на триботехнічні характеристики еластогідродинамічного контакту [6].

Метою роботи являлось експериментальне дослідження для визначення впливу сумарної швидкості кочення при 15%-му проковзуванні на формування товщини мастильного шару в центральній зоні контакту методом оптичної інтерферометрії при використанні універсальних моторно-трансмісійних олив ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8П.

Формування цілей статті. Для точкового контакту визначення центральної та мінімальної товщини мастильного шару являється важливою практичною стороною, так як підтримання необхідних товщин плівки має вагоме значення для довговічності деталей трибомеханічних

систем [7]. Головними вимогами, що висуваються до достовірності результатів, отриманих при використанні методу дослідження змащувальної плівки, є достатня точність, стабільність і безінерційність, а також забезпечення вимірювання товщини мастильного шару при дотриманні існуючих в контакті умов – кінематичних, силових, температурних. Метод оптичної інтерферометрії дозволяє одержати найфундаментальніше уявлення про умови мащення між пружними поверхнями. Цей метод дозволяє вимірювати товщину мастильного шару з урахуванням картини підведення і розподілу мащення в околицях контакту тертя і фактичної площі контакту та використовується в наших дослідженнях. Типова мікроінтерферограмма ЕГД – точкового контакту представлена на рис. 1.

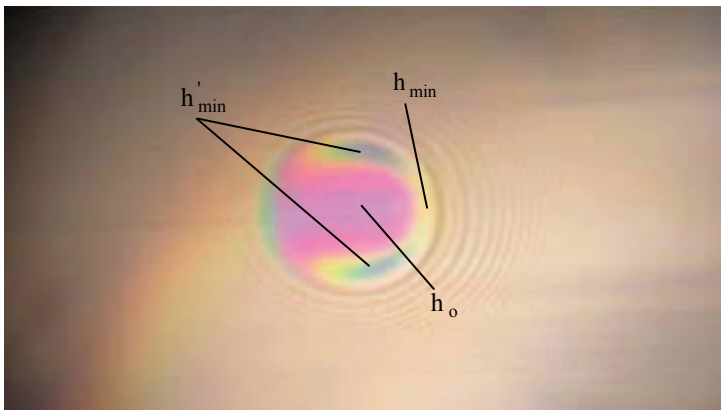

Рисунок 1 – Розподіл товщини мастильного шару в період формування мастильної плівки досліджуваними оливами

де h_o –товщина мастильного шару в центральній зоні контакту;

h_{min} – мінімальна товщина мастильного шару на виході із контакту;

h'_{min} – мінімальна товщина мастильного шару на кінцевих ділянках.

Figure 1 – Distribution of the thickness of the lubricant layer during the formation of the lubricating film by the studied oils

h_o – thickness of the lubricating layer in the central contact area;

h_{min} – is the minimum thickness of the lubricating layer at the outlet of the contact;

h'_{min} – is the minimum thickness of the lubricant layer on the finite parts.

Загальний вид стенду, який використовується в наших дослідженнях для створення умов, аналогічних, що виникають в контактах поверхонь для тіл кочення, представлений на рис. 2.

Рисунок 2 – Загальний вигляд установки з допоміжним обладнанням

Figure 2 – General view of the installation with auxiliary equipment

З його допомогою можна вимірювати, методом оптичної інтерферометрії, ультратонку товщину мастильного шару з урахуванням картини підведення і розподілу мастильного матеріалу в околицях точкового контакту тертя і фактичної площі контакту при використанням відеотелевізійної записуючої техніки. Контактуюча пара стальна кулька – скляний диск представлена на рис. 3.

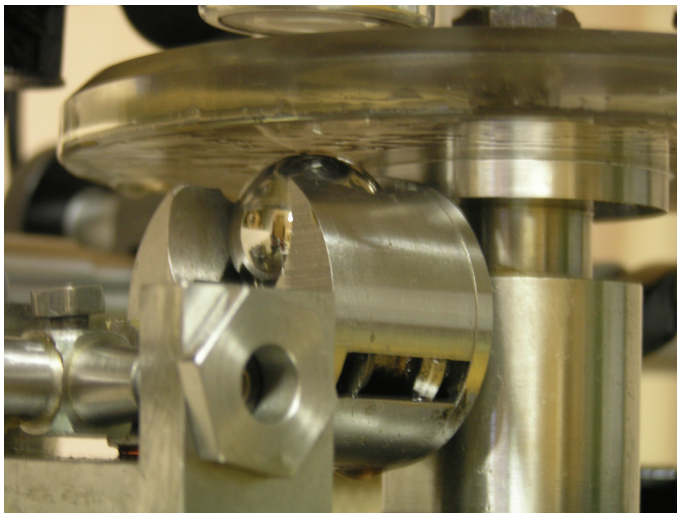

Рисунок 3 – Контактуюча пара стальна кулька-скляний диск
Figure 3 – The contacting pair is a steel ball-glass disk

Виклад основного матеріалу. За результатами проведеного експериментального дослідження встановлено, що формування товщини мастильної плівки оливою ПРОТЕК ЄМТ відбувається при швидкості кочення $V_{\Sigma к}$=0,152м/с, при цьому реалізується граничний режим мащення λ=1,27 (рис. 4), дійсна товщина мастильної плівки складає $h_д$=1,27×10^{-5}м (рис. 4). При досягненні швидкості кочення $V_{\Sigma к}$=1,43м/с, товщина мастильної плівки складає $h_д$=4,22×10^{-5}м (рис. 4), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення λ=4,22, який реалізується до $V_{\Sigma к}$=3,08м/с.

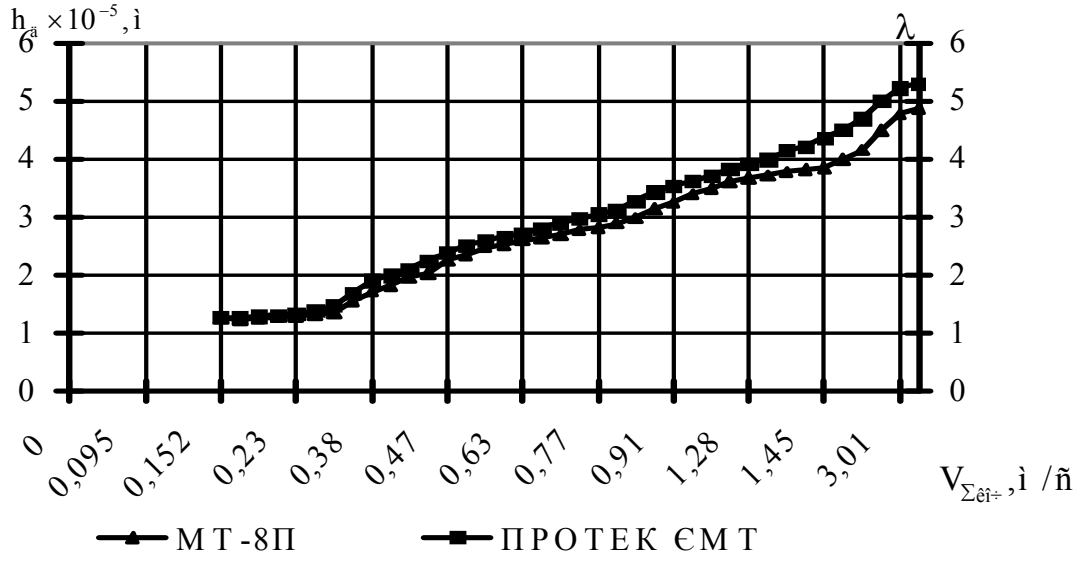

Рисунок 4 – Вплив сумарної швидкості кочення $V_{\Sigma коч}$ на формування дійсної товщини мастильного шару $h_д$ з проковзуванням (15%)
Figure 4 – Influence of total rolling speed V_Σ on formation of actual thickness of lubricating layer h with slip (15%)

При використанні універсальної моторно-трансмісійної оливи МТ-8П встановлено, що товщина мастильної плівки формується при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma к}$=0,152м/с і становить $h_д$=0,125×10^{-5}м при цьому реалізується граничний режим мащення λ=1,25 (рис. 4). Досягнувши

швидкості кочення $V_{\Sigma к}$=1,57м/с товщина мастильного шару складає $h_д=0,4\times10^{-5}$м, при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення λ=4,00, який домінує до $V_{\Sigma к}$=3,08м/с. Порівнюючи властивості даної оливи з вищеописаною оливою слід відмітити, що олива МТ-8П в момент пуску формує аналогічну товщину мастильної плівки в порівнянні з оливою ПРОТЕК ЄМТ-8 (різниця 1-3%), але із зростанням $V_{\Sigma к}$ ефективність формування товщини мастильного шару зменшується на 10%.

При умові проковзування в контакті 15% динаміка формування початкової товщини мастильного шару, при якій спостерігається реалізація граничного режиму мащення характеризується збільшенням сумарної швидкості кочення, що сприяє утворенню захисного розділяючого шару між контактними поверхнями. Але чинник „проковзування”, збільшує початковий етап формування мастильної плівки, що призводить до реалізації в контакті напівсухого режиму мащення в період пуску.

Вирішальним чинником, який впливає на кінетику утворення мастильного шару в контакті, також є кінематична в’язкість та фізико – хімічний склад оливи, а механізм формування мастильної плівки залежить від стійкості компонентів оливи до градієнту швидкості зсуву, який має тенденцію до постійного зростання із збільшенням швидкості кочення [8].

При оцінці ефективності мащення олив, застосовуючи в якості мастильного матеріалу універсальну оливу ПРОТЕК ЄМТ встановлено, що при формуванні товщини мастильної плівки ($V_{\sum коч}$=0,152 м/с) початкова ефективна в'язкість $\eta_{еф}$ є найбільшою і становить $\eta_{еф}$ = 3,68 Па·с (рис. 5). На проміжку зміни швидкостей $V_{\sum коч}$= 0,15 – 0,26м/с відбувається нелінійне зменшення ефективної в'язкості $\eta_{еф}$ (на 48%). Збільшення швидкості кочення ($V_{\sum коч}$>0,26м/с) призводить до зменшення ефективної в'язкості ($\eta_{еф}$) в контакті і крива зміни набуває майже лінійного характеру. При досягненні швидкості кочення $V_{\sum коч}$=3,38м/с ефективна в'язкість становить $\eta_{еф}$=1,0 Па·с при встановленій інтерференційним методом товщині мастильного шару $h_д=0,596\times10^{-6}$м.

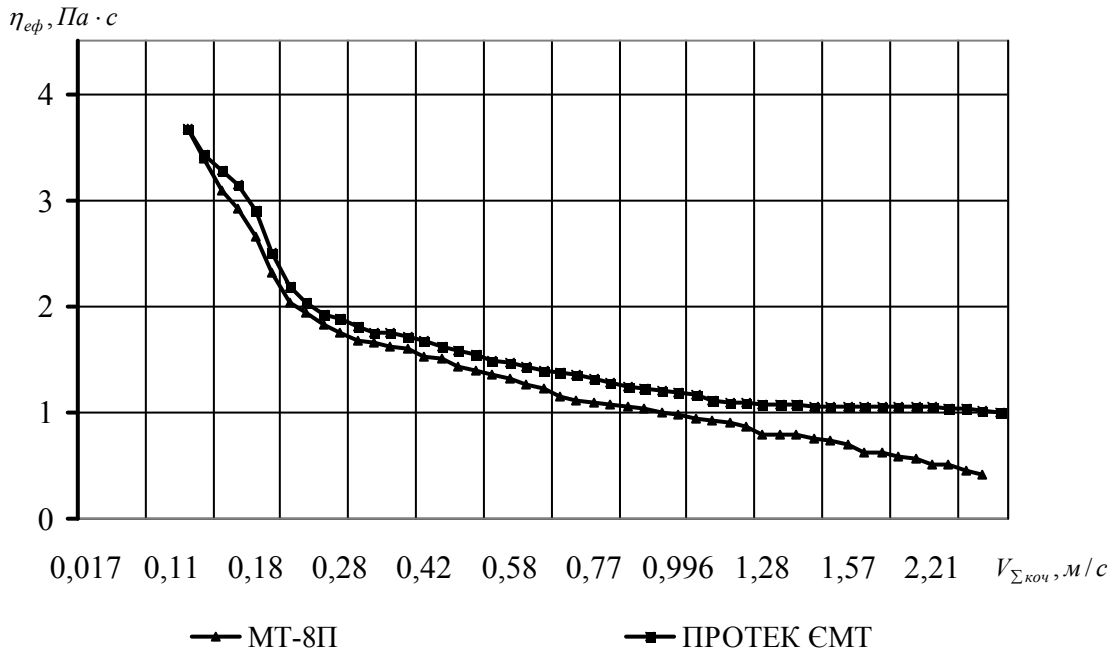

Рисунок 5 – Залежність ефективної в’язкості $\eta_{еф}$ від сумарної швидкості кочення $V_{\Sigma коч}$
Figure 5 – Dependence of effective viscosity η on total rolling velocityV_{Σ}

При використанні в якості мастильного матеріалу оливи МТ-8п встановлено, що формування товщини мастильної плівки відбувається при аналогічній сумарній швидкості кочення ($V_{\sum коч}$=0,152м/с) за якої ефективна в'язкість в контакті становить $\eta_{еф}$ = 3,67 Па·с (рис. 5). На проміжку зміни швидкостей $V_{\sum коч}$= 0,152 – 0,28 м/с відбувається суттєве зменшення ефективної в'язкості $\eta_{еф}$ (52%) і крива зменшення має нелінійний характер. При досягненні швидкості $V_{\sum коч}$ > 0,28 м/с зміна $\eta_{еф}$ набуває майже лінійного характеру. При швидкості кочення $V_{\sum коч}$=3,3м/с ефективна в'язкість становить $\eta_{еф}$ =0,41 Па·с при товщині мастильного шару $h_д=0,59\times10^{-6}$м.

Аналіз проведеного дослідження виявив загальну закономірність щодо зміни ефективної в’язкості в контакті олив універсального експлуатаційного призначення – в початковий період

формування товщини мастильного шару при пуску ефективна в’язкість в контакті нелінійно зменшується, в подальшому її зміна із збільшенням швидкості кочення складає, в середньому, 6%. Нами встановлено таким чином, що ефективна в’язкість залежить від градієнту швидкості зсуву, а отже олива в контакті набуває властивостей неньютонівських рідин, що не враховується в розрахункових формулах еластогідродинамічної теорії мащення. Зокрема, товщина мастильного шару в початковий період формування мастильної плівки на приблизно на 10 % перевищує товщину мастильної плівки, визначену за формулами Даусона та Хемрока.

Зростання ефективної в’язкості для досліджених олив ПРОТЕК ЄМТ та МТ-8П із збільшенням тиску відбувається за рахунок активації молекул поліальфаолефінів під дією градієнту швидкості зсуву γ. Часткова деструкція молекул РАО при зростанні градієнту швидкості зсуву в середньому 2,25 рази по мірі напрацювання до $V_{\Sigma коч}$=1м/с обумовлює зниження ефективної в’язкості в контакті на 68% та 72%. Однак дані оливи не містять в’язкісної присадки, тому не відбувається додаткової структуризації активованих молекул – напруга зсуву мастильного шару для досліджуваних олив зменшується відповідно на 20% та 24% (табл. 1). Таким чином, нами встановлені загальні закономірності кінетики зміни реологічних характеристик досліджуваних олив, які свідчать про надбання оливами неньютонівських властивостей в контакті при початковому формуванні товщини мастильного шару та відновлення ньютонівських властивостей по мірі підвищення градієнту швидкості зсуву. Саме в цей час відбувається найбільший приріст товщини мастильного шару в контакті, зменшення напруги зсуву мастильного шару та коефіцієнта тертя, що забезпечує ефективне мащення, яке підвищує довговічність контактних поверхонь.

Таблиця 1 – Динаміка триботехнічних характеристик олив ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8П при напрацюванні

Table 1 – Dynamics of tribotechnical characteristics of Protek EMT-8 and MT-8P oils at working-out

Змінні параметри	Досліджений мастильний матеріал	
	ПРОТЕК ЄМТ-8	МТ–8п
$V_{\Sigma ст}$, м/с	1,0	1,0
$V_{\Sigma поч}$, м/с	0,152	0,152
$\eta_{еф.поч.}$, Па·с	3,68	3,67
$\eta_{еф.\ ст}$, Па·с	1,185	1,01
$\gamma_{поч.}\times10^4 с^{-1}$	6,38	8,23
$\gamma_{ст.}\times10^4 с^{-1}$	15,79	22,76
$\tau_{поч.}$, МПа	0,234	0,302
$\tau_{ст.}$, МПа	0,187	0,229
$f_{поч.}$	0,0014	0,00181
$f_{ст.}$	0,0009	0,00136

При дослідженні несучої здатності універсальних моторно – трансмісійних олив ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8П в умовах збільшенні навантаження було встановлено зростання товщини мастильного шару при $V_{\Sigma коч}$=1,0м/с зростає відповідно на 76%; 78%; 82% та 68%; 70%; 74% відповідно при σ_{max} 251,5; 316,9 та 362,7МПа. Аналіз реологічних властивостей даних олив показав, що відновлення ньютонівських властивостей із збільшенням швидкості кочення обумовлено зниженням ефективної в’язкості в контакті ПРОТЕК ЄМТ-8 (68%; 67% і 64%) і МТ-8П (72%; 72% і 66%) та зростанням градієнту швидкості зсуву відповідно в 2,47; 2,56; 2,50 та 2,76; 2, 8; 2,78 рази при досліджуваних контактних навантаженнях відповідно (рис. 6).

Найбільше збільшення γ при σ_{max}=316,9МПа для обох досліджених мастильних мастильних матеріалів обумовлено тим, що початкова товщина мастильного шару формується при $V_{\Sigma коч}$=0,13 м/с, що в середньому в 1,17 рази швидше, ніж при інших контактних навантаженнях.

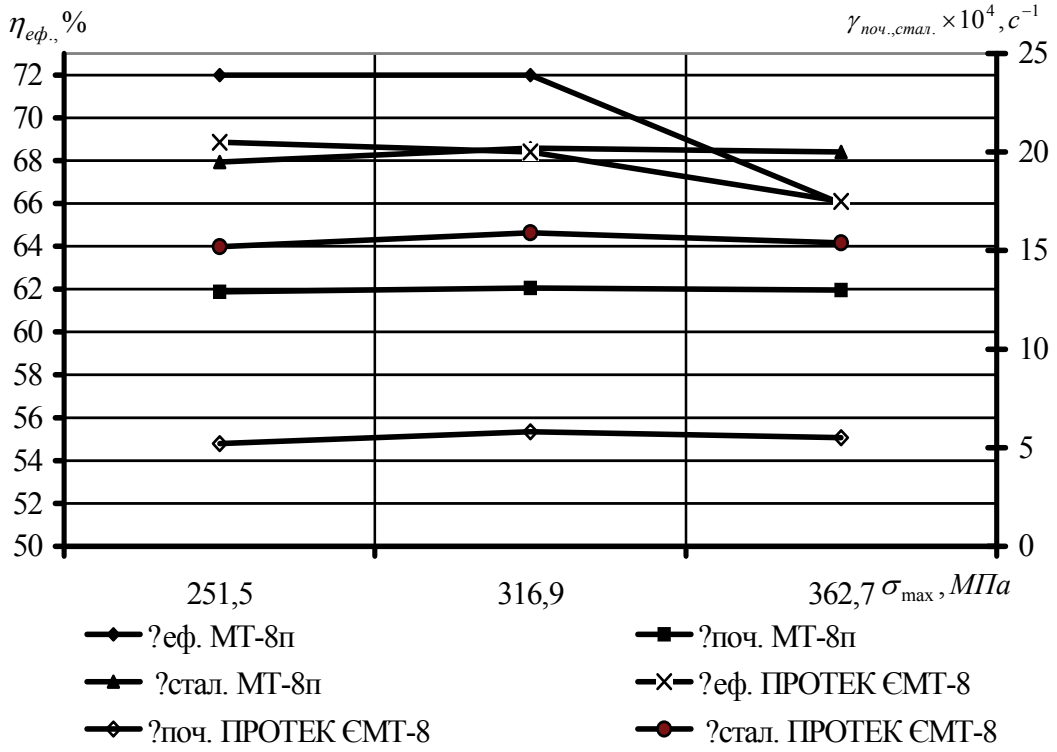

Рисунок 6 – Залежність ефективної в’язкості $\eta_{еф}$, початкового $\gamma_{поч.}$ і сталого $\gamma_{стал.}$ градієнта швидкості зсуву від контактної напруги σ_{max}

Figure 6 – Dependence of effective viscosity η, initial γ and stable γ the gradient of the shear rate from the contact voltage σ_{max}

При цьому, не відбувається більш інтенсивне зменшення $\eta_{еф}$, в результаті прискорення деструкційних процесів при напрацюванні, оскільки початкове формування мастильного шару реалізується при найнижчому градієнті швидкості зсуву, якому і відповідає найбільше значення $\eta_{еф}$, в порівнянні з реологічними властивостями оливи при σ_{max} 251,5 та 362,7 МПа.

Зростання ефективної в’язкості для дослідженої оливи із збільшенням тиску відбувається за рахунок активації молекул поліальфаолефінів під дією градієнту швидкості зсуву γ. Часткова деструкція молекул РАО при зростанні градієнту швидкості зсуву в середньому в 2,1 рази по мірі напрацювання до $V_{\Sigma коч}$=1м/с обумовлює зниження ефективної в’язкості досліджуваних олив в контакті на 65%(ПРОТЕК ЄМТ-8) та 70% (МТ-8П). Однак дана олива не містить в’язкісної присадки, тому не відбувається додаткової структуризації активованих молекул – напруга зсуву мастильного шару зменшується на 19%.

Висновок. Експериментально встановлено, що для досліджених мастильних матеріалів ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8П початкове формування товщини мастильного шару, при якому забезпечується граничний режим мащення відбувається при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma коч}$=0,152м/с, при цьому градієнт швидкості зсуву складає відповідно $6{,}38\times10^4$с-1 та $8{,}23\times10^4$с-1. При такому градієнту швидкості зсуву відбувається часткова деструкція поліальфаолефінових молекул, що призводить до додаткового зниження кінематичної в’язкості оливи. При цьому активація молекул РАО внаслідок деструкції не забезпечує підвищення ефективності мащення, тому що продовжується зростання градієнта швидкості зсуву, в середньому на 60%. Аналіз ефективності мащення розглянутих олив дозволяє стверджувати, що при виборі оливи для вузла тертя необхідно ґрунтуватися на підборі оливи за кінематичною в’язкістю та фізико – хімічним складом мастильного матеріалу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Білякович О. М. Дослідження ефективності мастильної дії трансмісійних олив в умовах тривалої експлуатації при стаціонарних режимах тертя / О. М. Білякович, Л. В. Курбет, К. В. Богайська //

Авиационно-космическая техника и технология. – 2012. – № 9. – С. 219–223.
2. Кульгавый Э.А. Триботехнические характеристики и их применение // Проблемы трибологии. – 2003. – №3. – С.51-61.
3. Кеба И.В. Диагностика авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Транспорт. – 1968. – С. 248.
4. Войтов В.А. Технологии триботехнического восстановления, обзор и анализ перспектив. // Проблемы трибологии. – 2005. – № 2 – с.86 – 94.
5. Айнбиндер С.Б. О механизме граничного трения / С.Б. Айнбиндер // Трение и износ. –1983.– том.4, № 1. – С. 5-11.
6. Кульгавый Э.А. Триботехнические характеристики и их применение // Проблемы трибологии.– 2003. – №3. – С.51-61.
7. Крагельский И.В. Основы расчета на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
8. Антипенко А.М. Властивості якісної оливи / А.М. Антипенко, М.Г. Макаренко // «Агробізнес сьогодні» (346). – 2009. – №3.

REFERENCES

1. Biliakovych O. M. (2012). Doslidzhennia efektyvnosti mastylnoi dii transmisiinykh olyv v umovakh tryvaloi ekspluatatsii pry statsionarnykh rezhymakh tertia [Investigation of efficiency of lubricating action of transmission oils in conditions of long-term operation under stationary friction modes]. Avyatsyonno-kosmycheskaia tekhnyka y tekhnolohyia – Aerospace technology and technology, 9, 219–223 [in Ukrainian]
2. Kulgavy E.A. (2003). Tribological characteristics and their application. Problems tribologii, 3, 51-61 [in Russian].
3. Keba I.V. (1968). Diagnosis of aircraft gas turbine engines. Moscow: Transport [in Russian].
4. Voitov V.A. (2005). Technology tribological recovery, review and analysis of the prospects. Problems of Tribology, 2, 86-94 [in Russian].
5. Ainbinder A.B. (1983) On the mechanism of boundary friction. Friction and wear. Vol.4 (1), 5-11 [in Russian].
6. Kulgavy E.A. (2003). Tribological characteristics and their application. Problems tribologii, 3, 51-61 [in Russian].
7. Kragelsky I.V. (1977) Fundamentals of calculating the friction and wear. Moscow: Engineering [in Russian].
8. Antipenko, AM & Makarenko, M.G. (2009). Properties of high-quality oil [Properties of quality oil]. Agribusiness Today 3 (346) [in Ukrainian]

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Встановлення закономірностей формування товщини мастильного шару в стаціонарних умовах / М.Ф. Дмитриченко, Ю.О. Туриця, А.М. Савчук // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К. : НТУ – 2018. – Вип. 3 (42).

У статті представлені результати досліджень, які виконували на стенді при використанні контактуючої пари стальна кулька – скляний диск для створення умов, аналогічних, що виникають в контактах поверхонь для тіл кочення, максимальне контактне навантаження по Герцу становило 362,7 МПа. Мастильні матеріали – універсальні моторно-трансмісійні оливи ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8п**.**

Об'єкт дослідження – кінетика зміни товщини змащувального шару в триботехнічному контакті.

Метою роботи було дослідження для визначення впливу сумарної швидкості кочення при проковзуванні на формування товщини мастильного шару в контакті тертя.

Метод дослідження – експериментальне визначення товщини мастильного шару в центральній зоні контакту.

Порівнюючи властивості оливи МТ-8П з властивостями оливи ПРОТЕК ЄМТ-8 слід відмітити, що олива МТ-8П в момент пуску формує аналогічну товщину мастильної плівки в порівнянні з

оливою ПРОТЕК ЄМТ-8 (різниця 1-3%), але із зростанням $V_{\Sigma к}$ ефективність формування товщини мастильного шару зменшується на 10%.

При умові проковзування в контакті 15% динаміка формування початкової товщини мастильного шару, при якій спостерігається реалізація граничного режиму мащення характеризується збільшенням сумарної швидкості кочення, що сприяє утворенню захисного розділяючого шару між контактними поверхнями. Але чинник „проковзування”, збільшує початковий етап формування мастильної плівки, що призводить до реалізації в контакті напівсухого режиму мащення в період пуску.

При дослідженні несучої здатності універсальних моторно – трансмісійних олив ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8П в умовах збільшенні навантаження було встановлено зростання товщини мастильного шару при $V_{\sum коч}$=1,0м/с зростає відповідно на 76%; 78%; 82% та 68%; 70%; 74% відповідно при σ_{max} 251,5; 316,9 та 362,7МПа. Аналіз реологічних властивостей даних олив показав, що відновлення ньютонівських властивостей із збільшенням швидкості кочення обумовлено зниженням ефективної в’язкості в контакті ПРОТЕК ЄМТ-8 (68%; 67% і 64%) і МТ-8П (72%; 72% і 66%) та зростанням градієнту швидкості зсуву відповідно в 2,47; 2,56; 2,50 та 2,76; 2,8; 2,78 рази при досліджуваних контактних навантаженнях відповідно

КЛЮЧОВІ СЛОВА: УНІВЕРСАЛЬНА МОТОРНО-ТРАНСМІСІЙНА ОЛИВА, ТОВЩИНА МАСТИЛЬНОГО ШАРУ, ГРАНИЧНИЙ РЕЖИМ, КОНТАКТНА ПОВЕРХНЯ, НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ.

ABSTRACT

Dmitrichenko N.F., Savchuk A.N., Turitsa Yu.A. Establishment of the regularities of the formation of the thickness of the lubricating layer in stationary conditions. Visnyk of National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article presents the results of researches carried out on a stand using a contacting pair of steel ball – a glass disk to create conditions similar to those occurring in contact surfaces for rolling bodies, the maximum contact load for Hertz was 362.7 MPa. Lubricants – universal propellant oils PROTEK YMT-8 and MT-8p.

The object of the study is the kinetics of changing the thickness of the lubricating layer in the tribotechnical contact.

The purpose of the work was to investigate the effect of the total rolling velocity when slipping on the formation of the thickness of the lubricant layer in contact with friction.

The method of investigation is an experimental determination of the thickness of the lubricating layer in the central contact zone.

Comparing the properties of MT-8P oil with the properties of EMT-8, it should be noted that the MT-8P oil at the start of the formation produces a similar thickness of the lubricating film in comparison with the Protek EMT-8 oil (difference 1-3%), but with the growth of V_{Σ} the formation efficiency the thickness of the lubricating layer decreases by 10%.

Under the condition of slipping in contact 15% of the dynamics of the formation of the initial thickness of the lubricating layer, in which the implementation of the boundary lubrication regime is characterized by an increase in the total rolling velocity, which contributes to the formation of a protective separating layer between the contact surfaces. But the factor of "slipping", increases the initial stage of formation of lubricating film, which leads to the realization in contact with a semi-dry regime lubrication in the start-up period.

In the study of the bearing capacity of universal propellant oils Protek EMT-8 and MT-8P in conditions of increased loading, it was established that the growth of the thickness of the lubricating layer at V_{Σ} = 1.0 m / s increases, respectively, by 76%; 78%; 82% and 68%; 70%; 74% respectively at σmax 251.5; 316.9 and 362.7 MPa. The analysis of the rheological properties of these oils showed that the recovery of Newtonian properties with an increase in rolling speed was due to a decrease in the effective viscosity in contact Protek EMT-8 (68%, 67% and 64%) and MT-8P (72%, 72% and 66%) and the gradient of the shear velocity increasing in 2.47; 2.56; 2.50 and 2.76; 2,8; 2.78 times for the investigated contact loads, respectively

KEYWORDS: UNIVERSAL ENGINE-TRANSMISSION OIL, OIL LAYER THICKNESS, BORDER MODE, CONTACT SURFACE, CARRYING CAPACITY.

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Установление закономерностей формирования толщины смазочного слоя в стационарных условиях / М.Ф. Дмитриченко, Савчук А.М., Ю.О. Турица // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье представлены результаты исследований, которые проводили на стенде при использовании контактирующей пары стальной шарик - стеклянный диск для создания условий, аналогичных, которые возникают в контактах поверхностей для тел качения, максимальная контактная нагрузка по Герцу составила 362,7 МПа. Смазочные материалы - универсальные моторно-трансмиссионные масла ПРОТЕК ЕМТ-8 и МТ-8П.

Объект исследования – кинетика изменения толщины смазочного слоя в триботехническом контакте.

Целью работы было исследование для определения влияния суммарной скорости качения при проскальзывании на формирование толщины смазочного слоя в контакте трения.

Метод исследования – экспериментальное определение толщины смазочного слоя в центральной зоне контакта..

Сравнивая свойства масла МТ-8П со свойствами масла ПРОТЕК ЕМТ-8 следует отметить, что масло МТ-8П в момент пуска формирует аналогичную толщину масляной пленки по сравнению с маслом ПРОТЕК ЕМТ-8 (разница 1-3%), но с ростом $V_{\Sigma к}$ эффективность формирования толщины смазочного слоя уменьшается на 10%.

При условии проскальзывания в контакте 15% динамика формирования первоначальной толщины смазочного слоя, при которой наблюдается реализация предельного режима смазки характеризуется увеличением суммарной скорости качения, способствует образованию защитного разделяющего слоя между контактными поверхностями. Но фактор "проскальзывания", увеличивает начальный этап формирования смазочной пленки, что приводит к реализации в контакте полусухого режима смазки в период пуска.

При исследовании несущей способности универсальных моторно - трансмиссионных масел ПРОТЕК ЕМТ-8 и МТ-8П в условиях увеличении нагрузки было установлено рост толщины смазочного слоя при $V_{\Sigma кач}$ = 1,0м / с возрастает соответственно на 76%; 78%; 82% и 68%; 70%; 74% соответственно при σ_{max} 251,5; 316,9 и 362,7МПа. Анализ реологических свойств даных масел показал, что восстановление ньютоновских свойств с увеличением скорости качения обусловлено снижением эффективной вязкости в контакте ПРОТЕК ЕМТ-8 (68%; 67% и 64%) и МТ-8П (72%; 72% и 66%) и ростом градиента скорости сдвига соответственно в 2,47; 2,56; 2,50 и 2,76; 2,8; 2,78 раза при исследуемых контактных нагрузках соответственно.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УНИВЕРСАЛЬНОЕ МОТОРНО-ТРАНСМИССИОННОЕ МАСЛО, ТОЛЩИНА МАСЛЯНОГО СЛОЯ, ГРАНИЧНЫЙ РЕЖИМ, КОНТАКТНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ, НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ.

АВТОРИ:

Дмитриченко Микола Федорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. +380442808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 318, orcid.org/0000-0003-4223-1838.

Турица Юлія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: yuliya_tur@ukr.net, тел. +380442801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к.102, orcid.org/0000-0002-2205-0426.

Савчук Анатолій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, тел.: +380442801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к.102, orcid.org/0000-0001-5460-4879.

AUTHOR:

Dmytrychenko Mykola F., Doctor of Technical Science, National Transport University, professor of the Manufacturing repair and materialoved department, e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, tel. +380442808203, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str. 1, of. 318, orcid.org/0000-0003-4223-1838.

Turitsa Yuliya A., associate professor, National Transport University, associate professor of the manufacturing repair and materialoved department, e-mail: yuliya_tur@ukr.net, tel. +380442801886, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str. 1, of. 102, yuliya_tur@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2205-0426.

Savchuk Anatoliy N., PhD., associate professor, National Transport University, associate professor of the manufacturing repair and materialoved department, e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, tel. +380442801886, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str. 1, of. 102, orcid.org/0000-0001-5460-4879.

АВТОРЫ:

Дмитриченко Николай Федорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Производство, ремонт и материалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. +380442808203, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка, 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. 380442801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 102, orcid.org/0000-0001-5460-4879.

Туриця Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материалознавство», e-mail: yuliya_tur@ukr.net, тел. (044)2801886 , Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 102, orcid.org/0000-0002-2205-0426.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

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

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

REVIEWER:

Gutarevych Yu.F., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, head of the engines and heating engineering department, Kyiv, Ukraine.

Tamargazin O.A., Doctor of Technical Science, National Aviation University, professor of the ecology and safety of vital functions department, Kyiv, Ukraine.