

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КІНЕТИКИ ЗМІНИ ФАКТИЧНОЇ ПЛОЩІ КОНТАКТУ  
НА АДСОРБЦІЙНУ АКТИВНІСТЬ КОМПОНЕНТІВ МАСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Білякович О.М., кандидат технічних наук, Національний авіаційний університет, Київ, Україна  
Савчук А.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Туриця Ю.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Куш О.І., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Педан О.Л., старший викладач, Національний транспортний університет, Київ, Україна

KINETIC STUDY OF CHANGES REAL CONTACT AREA ON THE ADSORPTION  
OF THE ACTIVE COMPONENTS OF THE LUBRICANT

Dmytrychenko M.F., Ph.D., Engineering (Dr), National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Bilyakovych O.N., Ph.D, associate professor, National Aviation University, Kyiv, Ukraine  
Savchuk A.N, Ph.D, associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Turitsa Y.A., Ph.D, associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Kushch A.I., Ph.D, associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Pedan O.L., senior lecturer, National Transport University, Kyiv, Ukraine

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КИНЕТИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА  
НА АДСОРБЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Дмитриченко Н.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина  
Білякович О.Н., кандидат технических наук, Национальный авиационный университет, Киев, Украина  
Савчук А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина  
Турица Ю.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина  
Куш А.И., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина  
Педан О.Л., старший преподаватель, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В процесі тертя і зносу деталей машин мікрогеометрія поверхонь зазнає значних змін. При цьому найбільші зміни зазнає більш м'яка зі сполучуваних поверхонь. Її шорсткість наближається до шорсткості твердого контртіла доти, поки не досягне деякого оптимального значення, характерного для даного режиму тертя. Зміна шорсткості поверхні відбувається при терті і зношуванні внаслідок процесів пластичного відтискування, втомного руйнування і, в деяких випадках, мікрорізання і глибинного виривання [1]. Оптимальна шорсткість залежить від властивостей матеріалів, форми деталей, умов роботи пари тертя і наявності змащувального матеріалу [2]. Оцінку впливу площі контакту на активність компонентів мастильного матеріалу в своїх дослідженнях проводили Дьомкін Н.Б., Джонсон К.Л. [3, 4].

**Постановка завдання.** Встановлення закономірностей зміни фактичної площі контакту на адсорбційну здатність компонентів мастильного матеріалу.

**Викладення основного матеріалу.** Дослідження проводились при застосуванні трансмісійної оливи ТАД-17і та контактними навантаженнями 450 МПа та 650 МПа. Зразки виготовлені зі сталі 45 та ШХ-15.

Встановлено, що зі збільшенням максимальної контактної напруги по Герцу з 250 до 650 МПа для досліджуваних пар тертя при змащуванні трансмісійною оливою ТАД-17і спостерігається загальна тенденція щодо збільшення такого параметра, як частота зриву змащувального шару в період пуску. Якщо для контактних поверхонь з початковою шорсткістю  $R_a = 0,1 - 0,7$  мкм ступінь металевого контакту пар тертя підвищується на 30 – 40 %, то для поверхонь з початковою шорсткістю  $R_a = 1,0$  мкм вказаний показник збільшується на 60 – 65%. Слід зазначити, що незалежно від класу шорсткості, збільшення навантаження забезпечує скорочення періоду припрацювання контактних поверхонь в динамічних умовах навантаження, в середньому, в 1,8 – 2 рази (рис. 1).

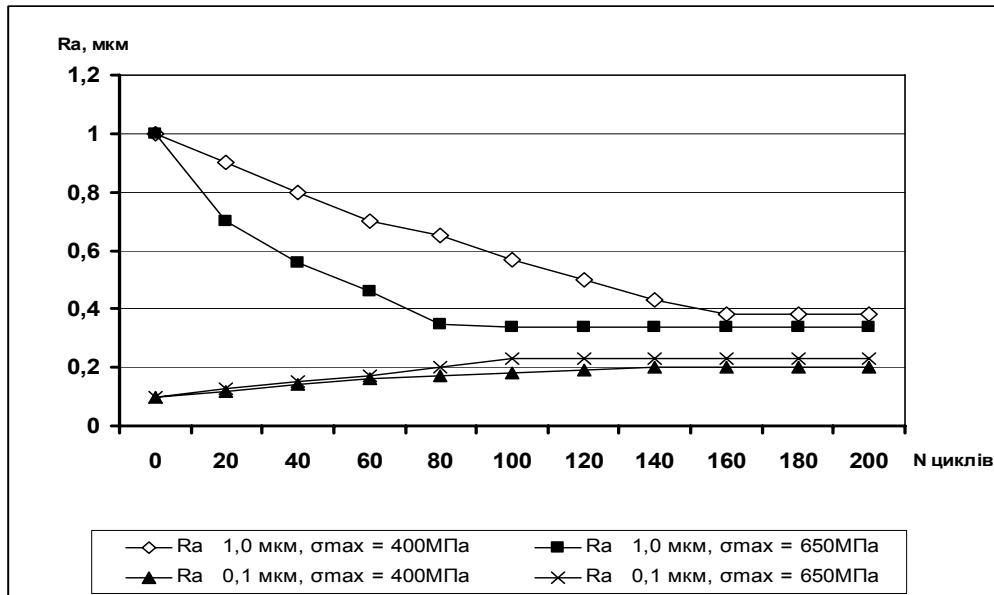


Рисунок 1 – Залежність тривалості періоду припрацювання контактних поверхонь від навантаження

Стала рівноважна шорсткість пар тертя при збільшенні навантаження характеризується одноріднішими показниками і не залежить від початкової шорсткості. Так, при  $\sigma_{\max} = 400$  МПа в залежності від попереднього методу обробки поверхонь, стала шорсткість складає 0,2 – 0,43 мкм, а при  $\sigma_{\max} = 650$  МПа – 0,21 – 0,34 мкм. Кінетика зміни даного параметра свідчить, перш за все, про збільшення деформаційної пластичної компоненти в поверхневих шарах металу при збільшенні навантаження. Ми вважаємо, що дане припущення підтверджується кінетикою зміни наступних триботехнічних характеристик.

По-перше, приріст товщини змащувального шару в період страгування із збільшенням контактної напруги з 250 до 650 МПа характеризується наступною особливістю. Збільшення товщини змащувального шару для  $R_a$  0,1; 0,33 і 0,7 мкм відповідно на 8%, 12% і 18% зафіксовано при підвищенні контактної напруги з 250 до 400 МПа, подальше збільшення тиску обумовлює зниження товщини змащувального шару для даних поверхонь тертя відповідно на 30%, 29% і 34%.

Для пар тертя з початковою шорсткістю 1,0 мкм встановлено зменшення товщини змащувального шару в контакті в діапазоні досліджуваних навантажень, в середньому, на 12% (рис. 2).

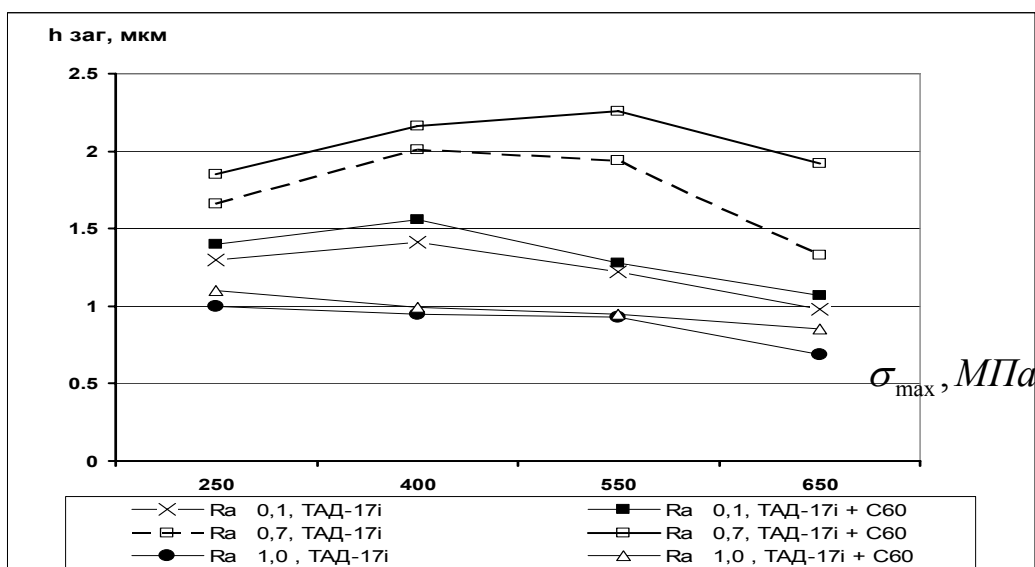


Рисунок 2 – Вплив контактної навантаження на формування товщини змащувального шару

Згідно з еластогідродинамічною теорією мащення, при коченні з проковзуванням в зоні тертя змащувальний шар характеризується неоднорідністю структури [5, 6]. Умовно його можна розділити на дві складових: одна, що забезпечує гідродинамічне мащення, і друга – граничне. Проаналізована нами закономірність зміни сумарної товщини змащувального шару аналогічна в процентному співвідношенні зміні гідродинамічної товщини плівки, що формується в контакті. Відносно граничних змащувальних шарів встановлена наступна динаміка. У міру завершення періоду припрацювання на контактних поверхнях при збільшенні навантаження інтенсифікувалося утворення граничних змащувальних шарів. Причому, незалежно від початкової шорсткості поверхонь тертя, найбільше збільшення товщини граничної плівки зафіксоване при підвищенні контактної напруги від  $\sigma_{\max}$  250 до 550 МПа. Так, для  $R_a$  0,1; 0,33; 0,7 і 1,0 мкм цей показник збільшується на 43%, 42,8%, 55% і 70% відповідно (рис. 3).

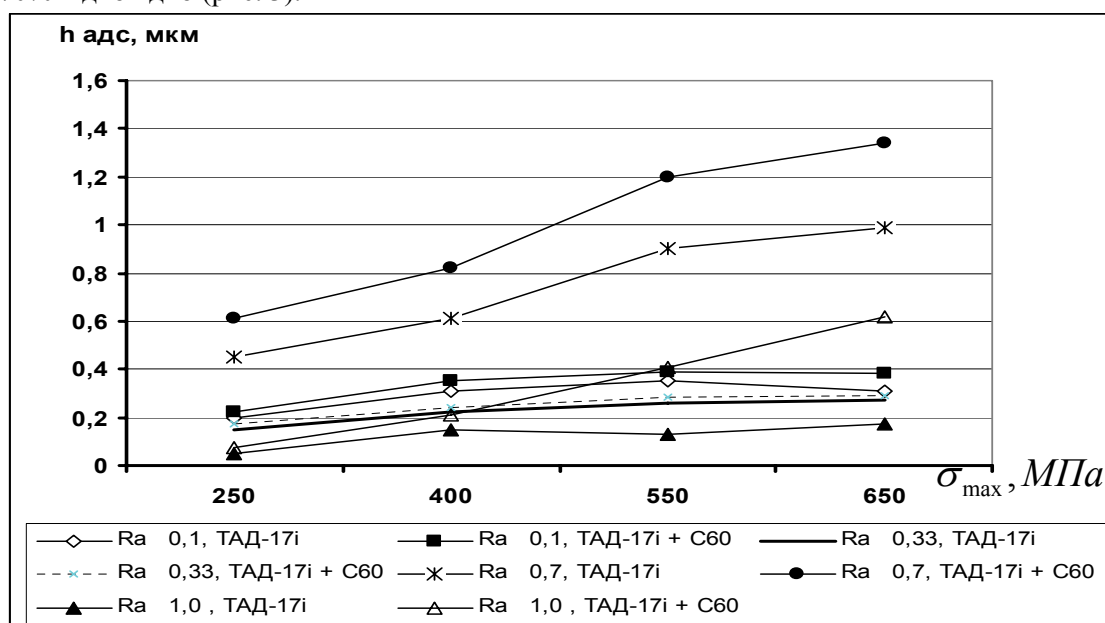


Рисунок 3 – Кінетика утворення граничних змащувальних шарів при збільшенні навантаження

Подальше підвищення контактної напруги до 650 МПа обумовлює збільшення граничних змащувальних шарів на 1 – 2 %. Слід також відзначити, що із збільшенням навантаження на долю СОП в сформованих граничних плівках приходиться до 50 – 70%. Інтенсифікація утворення граничних змащувальних шарів свідчить, перш за все, про збільшення активації поверхневих шарів металу, а енергія, що виділяється при механічній деформації мікроступів, витрачається на формування і адаптацію граничних плівок з активних компонентів змащувального матеріалу. Відомо, що базову основу трансмісійної оливи складають, в основному, неактивні, неполярні групи вуглеводнів (до 90%). Проте, враховуючи схильність органічних неактивних молекул поляризуватися при емісії електронів з поверхні твердої фази металу [7, 8], а також враховуючи полярну активність компонентів антиокислювальної і протизадірної присадок, що містяться в оливі, ми можемо стверджувати, що в утворенні граничних змащувальних шарів домінуючий вплив створює активація поверхневих шарів металу.

Другим показником, що свідчить про збільшення пластичної деформаційної компоненти, є зміна топографії поверхонь тертя в динамічних умовах навантаження, що забезпечує збільшення фактичної площі контакту і зниження фактичного тиску [9, 10, 11].

Для найбільш гладких поверхонь з  $R_a = 0,1$  мкм ФПК після періоду припрацювання збільшується лише при максимальній контактній нарузі  $\sigma_{\max} = 400$  МПа. Ми вважаємо, що для досліджуваних поверхонь при формуванні ФПК домінуючий вплив створюють адгезійні процеси, які виявляються в періоди зупинки між циклами. Так, при страгуванні, у міру збільшення товщини змащувального шару за рахунок гідродинамічної складової в контакті, незалежно від навантаження, реалізується гідродинамічний режим змащувальної дії ( $\lambda \geq 4$ ). В період зупинок відбувається витискування змащувального матеріалу із зони контакту, унаслідок низької початкової шорсткості поверхонь тертя проявляється ефект «плівкового голодування», який обумовлює утворення адгезійних «містків» між контактними поверхнями. При  $\sigma_{\max} = 250$  МПа сила адгезійної взаємодії

незначна, а при домінуванні пружної деформаційної компоненти в поверхневих шарах металу істотних змін мікрогеометрії поверхонь не відбувається (стала  $R_a = 0,15$  мкм).

**Висновок.** Встановлено, що у міру підвищення навантаження до  $\sigma_{\max} = 400$  МПа сила адгезійної взаємодії збільшується, при страгуванні відбувається розрив «адгезійних містків», унаслідок чого стала шорсткість збільшується, в порівнянні зпочатковою, на 50 – 60%. Активація контактних поверхонь в таких умовах забезпечує формування граничних адсорбційних шарів, в середньому, на 40 % більше, в порівнянні з граничними плівками при  $\sigma_{\max} = 250$  МПа. При цьому слід зазначити, що по мірі зміни мікрогеометрії контактних поверхонь змінюється і режим змащувальної дії. Для мастильного матеріалу при  $\sigma_{\max}$  від 400 до 650 МПа по мірі припрацювання домінує змішаний режим змащувальної дії, а сформовані в цей період граничні адсорбційні шари характеризуються екрануючими властивостями відносно утворення «адгезійних містків» в період зупинки.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Крагельский И.В., Добычин Н.М., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. 525 с.
2. Ермаков В.И. Шенн В.С. Ремонт и монтаж химического оборудования. Учебное пособие для ВУЗов. – Л.: Химия, 1981, 368 с.
3. Демкин Н.Б. Контактное шероховатых поверхностей. – М.: Наука, 1970г. 266с.
4. Johnson K.L. Contact Mechanics. – Cambridge: Cambridge University Press, 1985. – 452 p.
5. Айнбиндер С.Б. О механизме граничного трения / С.Б. Айнбиндер // Трение и износ. – 1983.– том.4, № 1. –С.5–11
6. Petrokovets M.I. Thermal Inetability of Frition Pairs / M.I. Petrokovets, P.N. Bgodanovich, D.V. Tkachuk // Problemy exspoatacil. – 1998. – № 3. – P. 189–198.
7. Дмитриченко Н.Ф. Исследование влияния газовых сред на смазочную способность минеральных масел, их противоизносного и демпфирующего действий в зацеплении зубьев зубчатых передач: дис. на соискание ученой степени кандидата техн. наук.: 05.02.04 / Дмитриченко Николай Федорович. – Киев, КИИГА, 1980. – 260с.
8. Запорожец В.В. Динамические характеристики прочности поверхностных слоев и их оценка / В.В. Запорожец // Трение и износ. – 1980. – том. 1. – № 4. – С. 602– 609.
9. Landman U. Atomic mechanisms and dynamics of adhesion, nanoindentation and fracture / U. Landman, W.D. Luedtke, N.A. Burnham, R.J. Ckolton // Science. – 1990. –Vol. 248. P.454–461.
- 10.Landman U. Atomic Scale Issues in Tribology: Interfacial Junctions and Nano-Elastohydrodynamics / U. Landman, W.D. Luedtke, J. Gao // Langmuir. – 1996. – Vol. 12. P.4514–4524.
- 11.Robbins M.O. Computer simulations of friction, lubrication and wear // Modern Tribology Handbook / M.O. Robbins, M.H. Müzer // Ed. By B.Bhushan. Boca-Raton: CRC Press. – 2001. – P.717–765.

#### REFERENCES

1. Kragelsky I.V., Dobychin N.M., Kombalov B.S. Basis of calculation of the friction and wear. M. : Mechanical Engineering, 1977. 525 p. (Rus)
2. Ermakov V.I., Shann V.S. Repair and installation of chemical equipment. Textbook for High Schools. – L. : Chemistry, 1981, 368 p. (Rus)
3. Demkin N.B. Contacting the surface roughness. – M. : Nauka, 1970. 266 p. (Rus)
4. Johnson K.L. Contact Mechanics. – Cambridge: Cambridge University Press, 1985. – 452 p. (Eng)
5. Ainbinder S.B. On the mechanism of boundary friction / S.B. Ainbinder // Friction and wear. - 1983.- Tom.4, № 1. – P.5-11. (Rus)
6. Petrokovets M.I. Thermal Inetability of Frition Pairs / M.I. Petrokovets, P.N. Bgodanovich, D.V. Tkachuk // Problemy exspoatacil. – 1998. – № 3. – P. 189–198.
7. Dmitrichenko N.F. Investigation of the effect of gaseous media on the lubricity of mineral oils, anti-wear and their damping action engages the teeth of gears: Dis. for the scientific degree of the candidate tehn. Science. : 05.02.04 / Dmitrichenko Nikolai Fedorovich. – Kyiv, KIIGA, 1980. – 260 p. (Rus)
8. Zaporozhetc V.V. Dynamic characteristics of the strength of the surface layers and their evaluation / VV Zaporozhetc // Friction and wear. – 1980. – Vol. 1. – № 4. – P. 602 – 609. (Rus)
9. Landman U. Atomic mechanisms and dynamics of adhesion, nanoindentation and fracture / U. Landman, W.D. Luedtke, N.A. Burnham, R.J. Ckolton // Science. – 1990. –Vol. 248. P.454–461.

10.Landman U. Atomic Scale Issues in Tribology: Interfacial Junctions and Nano-Elastohydrodynamics / U. Landman, W.D. Luedtke, J. Gao // *Langmuir*. – 1996. – Vol. 12. P. 4514 – 4524.

11.Robbins M.O. Computer simulations of friction, lubrication and wear // *Modern Tribology Handbook* / M.O. Robbins, M.H. Müser // Ed. By B.Bhushan. Boca-Raton: CRC Press. – 2001. – P. 717–765.

#### РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Дослідження впливу кінетики зміни фактичної площі контакту на адсорбційну активність компонентів мастильного матеріалу / М.Ф.Дмитриченко, О.М.Білякович, А.М.Савчук, Ю.О.Туриця, О.І.Куш, О.Л. Педан // *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 1 (31).

У статті представлені результати досліджень, які виконували на роликах, виготовлених зі сталі ШХ-15 та сталі 45, при максимальних контактних навантаженнях по Герцу 400 та 650 МПа. Мастильний матеріал – трансмісійна олива ТАД-17і.

Об'єкт дослідження – кінетика зміни фактичної площі контакту.

Метою роботи було дослідження впливу кінетики зміни фактичної площі контакту на адсорбційну активність компонентів мастильного матеріалу.

Метод дослідження – експериментальне визначення шорсткості поверхонь зразків та її вплив на формування адсорбційних граничних шарів в контакті.

Встановлено, що зі збільшенням максимальної контактної напруги по Герцу з 250 до 650 МПа для досліджуваних пар тертя при змащуванні трансмісійною оливою ТАД-17і спостерігається загальна тенденція щодо збільшення такого параметра, як частота зриву змащувального шару в період пуску. Якщо для контактних поверхонь з початковою шорсткістю  $Ra = 0,1 - 0,7$  мкм ступінь металевого контакту пар тертя підвищується на 30 – 40 %, то для поверхонь з початковою шорсткістю  $Ra = 1,0$  мкм вказаний показник збільшується на 60 – 65%. Слід зазначити, що незалежно від класу шорсткості, збільшення навантаження забезпечує скорочення періоду припрацювання контактних поверхонь в динамічних умовах навантаження, в середньому, в 1,8 – 2 рази.

Визначено, що по мірі зміни мікрогеометрії контактних поверхонь змінюється і режим змащувальної дії. Для мастильного матеріалу при  $\sigma_{max}$  від 400 до 650 МПа по мірі припрацювання домінує змішаний режим змащувальної дії, а сформовані в цей період граничні адсорбційні шари характеризуються екрануючими властивостями відносно утворення «адгезійних містків» в період зупинки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ФАКТИЧНА ПЛОЩА КОНТАКТУ, ТРАНСМІСІЙНА ОЛИВА, ГРАНИЧНИЙ ШАР, ПАРА ТЕРТЯ, КОНТАКТНА ПОВЕРХНЯ.

#### ABSTRACT

Dmitrichenko N.F., Bilyakovich O.N., Savchuk A.N., Turitsa Y.A., Kusch A.I., Pedan O.L. Kinetic study of changes real contact area on the adsorption of the active components of the lubricant. *Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences»*. Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2015. – Issue 1 (31).

The article presents the results of research that was carried out on rollers made of steel SH-15 and 45 steel, for maximum contact loads at 400 MPa and 650 MPa. Lubricant – gear oil TAD-17i.

Object of research – kinetics of the actual contact area.

The aim was to study the influence of the kinetics of changes in the actual contact area on the adsorption activity of the components of the lubricant.

The method of research – experimental determination of surface roughness of the samples and its influence on the formation of the adsorption of boundary layers in contact.

It is found that with increasing the maximum contact stress at Hertz with 250 to 650 MPa for the study of friction pairs lubricated with gear oil TAD-17i and there is a general trend of increasing this parameter, the frequency of failure of the lubricating layer during start-up. If the contact surfaces with the initial surface roughness  $Ra = 0,1 - 0,7$  micron grade metal contact pairs of friction is increased by 30 – 40%, then a surface with an initial surface roughness  $Ra = 1,0$  micron said indicator increases by 60 – 65%. It should be noted that regardless of the class of roughness provides increased load reduction period, the running contact surfaces under dynamic loading conditions, on the average 1.8 – 2 times.

Determined that at least changes microgeometry contact surfaces and regime change lubricating action. Lubricant at  $\sigma_{\max}$  from 400 to 650 MPa as the running mode dominates mixed lubricating action, generated in this period limit adsorption layers characterized shielding properties against formation of "adhesive bridges" in the stop period.

KEYWORDS: ACTUAL AREA OF CONTACT, GEAR OILS, LIMIT BALL FRICTION PAIR, THE CONTACT SURFACE.

#### РЕФЕРАТ

Дмитриченко Н.Ф. Исследование влияния кинетики изменения фактической площади контакта на адсорбционную активность компонентов смазочного материала / Н.Ф.Дмитриченко, О.Н.Білякович, А.Н.Савчук, Ю.А.Турица, А.И.Куш, О.Л.Педан // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2015. – Вып. 1 (31).

В статье представлены результаты исследований, которые выполняли на роликах, изготовленных из стали ШХ-15 и стали 45, при максимальных контактных нагрузках по Герцу 400 и 650 МПа. Смазочный материал – трансмиссионное масло ТАД-17и.

Объект исследования – кинетика изменения фактической площади контакта.

Целью работы было исследование влияния кинетики изменения фактической площади контакта на адсорбционную активность компонентов смазочного материала.

Метод исследования – экспериментальное определение шероховатости поверхностей образцов и ее влияние на формирование адсорбционных граничных слоев в контакте.

Установлено, что с увеличением максимальной контактного напряжения по Герцу с 250 до 650 МПа для исследуемых пар трения при смазке трансмиссионным маслом ТАД-17и наблюдается общая тенденция увеличения такого параметра, как частота срыва смазочного слоя в период пуска. Если для контактных поверхностей с начальной шероховатостью  $R_a = 0,1 - 0,7$  мкм степень металлического контакта пар трения повышается на 30 – 40%, то для поверхностей с начальной шероховатостью  $R_a = 1,0$  мкм указанный показатель увеличивается на 60 – 65%.

Следует отметить, что независимо от класса шероховатости, увеличение нагрузки обеспечивает сокращение периода приработки контактных поверхностей в динамических условиях нагрузки, в среднем в 1,8 – 2 раза. Определено, что по мере изменения микрогеометрии контактных поверхностей изменяется и режим смазочной действия. Для смазочного материала при  $\sigma_{\max}$  от 400 до 650 МПа по мере приработки доминирует смешанный режим смазочного действия, а сформированные в этот период граничные адсорбционные слои характеризуются экранирующими свойствами в отношении образования «адгезионных мостиков» в период остановки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ФАКТИЧЕСКАЯ ПЛОЩАДЬ КОНТАКТА, ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА, ПРЕДЕЛЬНЫЙ ШАР, ПАРА ТРЕНИЯ, КОНТАКТНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ.

#### 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. Суворова, 1, к. 318.

Білякович Олег Миколайович, кандидат технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, професор кафедри «Технологій аеропортів», e-mail: oleg65@voliacable.com, тел. (044)4067694, Україна, 03680, м. Київ, просп. Космонавта Комарова, 1, к.1.409.

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. Суворова, 1, к.102.

Туриця Юлія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: yuliya\_tur@ukr.net, тел. (044)2801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к.102.

Куш Олексій Іванович, 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. Суворова, 1, к.102.

Педан Олег Лаврентійович, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», тел. (044)2801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к.102.

AUTHOR:

Dmytrychenko Mukola 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, Suvorova str. 1, of. 318.

Bilyakovych Oleg N., associate professor, National Aviation University, associate professor department of technologies of air-ports, e-mail: oleg65@voliacable.com, tel. (044)4067694, Ukraine, 03680, Kyiv, b. Cosmonaut of Komarova, 1, of. 1.409.

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, Suvorova str. 1, of. 102.

Turytsia Yuliya A., associate professor, National Transport University, associate professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: yuliya\_tur@ukr.net, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 102.

Kushch Aleksey I., associate professor, National Transport University, associate professor department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: kushch\_oleksiy@bigmir.net, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 102.

Pedan O.L., National Transport University senior lecturer department of Manufacturing repair and materialoved, tel. (044)2801886, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 102.

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. Суворова, 1, к. 318.

Билякович Олег Николаевич, кандидат технических, профессор, Национальный авиационный университет, профессор кафедры «Технологій аеропортів», e-mail: oleg65@voliacable.com, тел. (044)4067694, Украина, 03680, м. Київ, просп. Космонавта Комарова, 1, к.1.409.

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. Суворова, 1, к.102.

Турица 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. Суворова, 1, к.102.

Кушч Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материалознавство», e-mail: kushch\_oleksiy@bigmir.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.102.

Педан Олег Лаврентиевич, Национальный транспортный университет, старший преподаватель кафедры «Производство, ремонт и материалознавство», тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.102.

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.