

Дмитриченко М.Ф.,*
Білякович О.М.,**
Савчук А.М.,*
Міланенко О.А.,*
Туриця Ю.О.,*
Куц О.І.*

*Національний транспортний університет,

**Національний авіаційний університет,
м. Київ, Україна

E-mail: yuliya_tur@ukr.net

КІНЕТИКА ЗМІНИ ТОВЩИНИ ЗМАЩУВАЛЬНОГО ШАРУ ПРИ НАПРАЦЮВАННІ

УДК 621.891

Результати даної роботи представлені базуючись на експериментальних дослідженнях нафтового масла МГТ та синтетичного масла на основі поліальфаолефінів при використанні зразків із сталі 45 та ШХ-15. Встановлено, що сформований змащувальний граничний шар завтовшки 0,657 - 2,557 мкм для масла МГТ залишається стабільним до $N \leq 1000$, потім ступінь металевого контакту збільшується до 10 % циклів, що пов'язано із зміною природи граничних плівок при підвищенні об'ємної температури масла до 50 °С. Зафіксовано, що приріст товщини змащувального шару в період пуску, незалежно від кількості циклів при напрацюванні, складає 1 - 1,2 мкм, що несуттєво впливає на зміну сталого параметра режиму змащувальної дії. Незалежно від типу змащувального матеріалу встановлена лінійна кореляція параметра ефективності мащення λ від товщини граничних адсорбційних шарів.

Ключові слова: мастильний матеріал, ефективність мащення, металевий контакт.

Вступ

Конструкційна складність гідромеханічної коробки передач (поєднання в одному агрегаті гідравлічної передачі, шестерної коробки передачі і системи механічного регулювання) обумовлює пред'явлення підвищених вимог до вибору змащувального матеріалу. Рідини для гідромеханічних коробок передач повинні мати високу окислювальну стабільність, ефективні в'язкісно - температурні характеристики, низькотемпературні, антикорозійні і антипінні властивості [1, 2].

Умови роботи змащувального масла в зубчастих передачах визначаються трьома чинниками: температурою, частотою обертання зубчастих коліс і тиском в зоні контакту [3, 4, 5]. Від цих чинників залежить теплонавантаженість масляної плівки в контакті і режим тертя в трибомеханічній системі, що визначає надійність і довговічність вузла тертя. Діапазон тиску і швидкостей, при яких реалізуються нормальне тертя і зношування поверхонь, визначаються природою матеріалів контактуючих пар і складом змащувального матеріалу.

Мета і постановка задачі

Метою проведених досліджень було встановлення ефективності змащувальної дії для гідромеханічних коробок передач при використанні нафтового масла МГТ на основі глибокоочищеної і депарафінізованої фракції МС-8 із загущуючою, депресорною, протизношувальною, детергентною та антипінною присадками і синтетичне масло на основі поліальфаолефінів (95 %) і ріпакової олії (5 %) з антиокислювальною (іюнол), протизношувальною (інфеніум С9425), поліфункціональною в'язкісною і депресорною присадкою поліметакрилатного типу (В8-705) і антипінною (ПМС-200А) присадками.

Виклад матеріалів досліджень

В умовах частих пусків - зупинок при використанні в якості змащувального матеріалу масла МГТ першого типу, встановлено, що формування стабільних адсорбційних граничних шарів на поверхні металу з ШХ-15 відбувається у міру напрацювання $N \leq 200$. Перш за все, цьому процесу сприяє активація поверхні металу, яка обумовлена адгезійною взаємодією контактуючих пар в результаті зриву змащувального шару при страгуванні в 30 % циклів. Сформований змащувальний граничний шар завтовшки 0,657 - 2,557 мкм залишається стабільним до $N \leq 1000$, потім ступінь металевого контакту збільшується до 10% циклів, що пов'язано із зміною природи граничних плівок при підвищенні об'ємної температури масла до 50 °С.

Надалі на поверхні металу утворюються граничні шари фізичної природи, які внаслідок слабких Ван - дер - Ваальсових сил взаємодії легко видаляються і формують стабільні хемосорбційні плівки або

хімічні з'єднання. Товщина адсорбційних шарів з підвищенням температури досягає 7,11 - 9,15 мкм (рис. 1). З них на частку СОП і модифікованих шарів приходить 0,3 - 0,76 мкм.

На зразках із сталі 45 встановлена якісно інша закономірність адаптації граничної плівки до динамічних умов навантаження. На 50 % скорочується як ступінь металевого контакту, так і час формування стабільних адсорбційних шарів в період припрацювання, причому їх товщина збільшується, в середньому, на 50 % до $N \leq 1000$. Підвищення температури призводить до часткової дезорієнтації граничної плівки, збільшується на 20 % ступінь металевого контакту. При подальшому напрацюванні зафіксована стабільна товщина адсорбційного шару також подвійної природи, але на частку сформованих шарів приходить 5,15 - 6,81 мкм, що, в середньому, на 30 % менше, в порівнянні з нафтою на ШХ-15 (рис. 1). Проте, збільшується складова товщини змащувального шару СОП і модифікованих шарів ($h \approx 0,9 - 1,21$ мкм).

Аналіз змащувальної здатності масла для гідромеханічних коробок передач другого типу показав істотне зниження такого параметра, як зрив змащувального шару при страгуванні, що свідчить про підвищення адсорбційної здатності компонентів базової основи - поліальфаолефінів і ріпакової олії. В період припрацювання до $N \leq 50$ зафіксований металевий контакт поверхонь в 10 % циклів (ШХ-15) і в 7 % циклів (Ст 45).

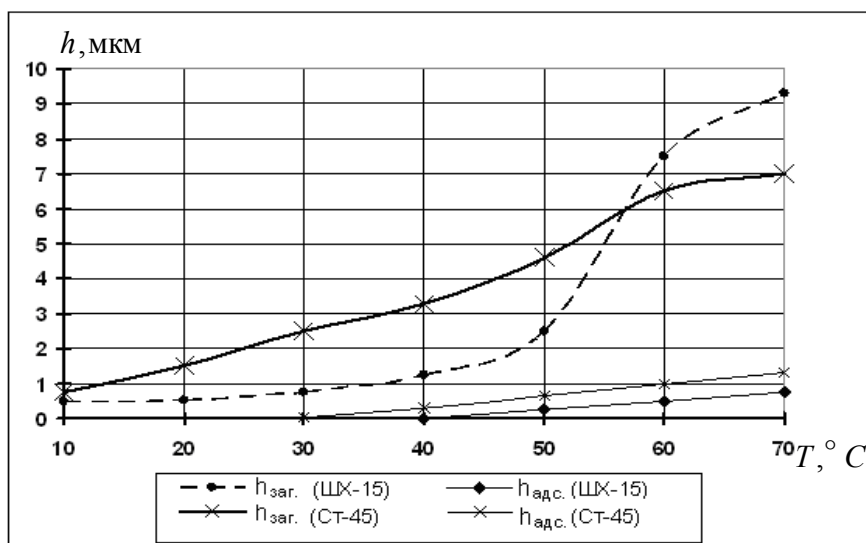
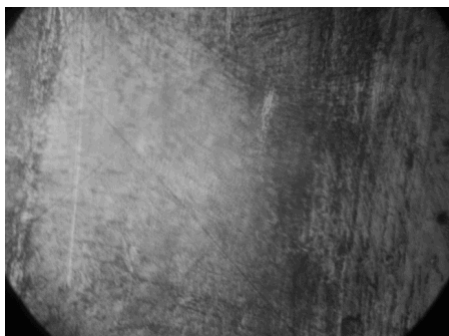
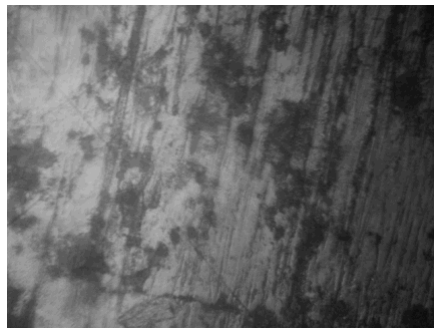


Рис. 1 – Залежність загальної товщини мастильного шару ($h_{заг.}$), товщини граничних адсорбційних шарів ($h_{адс.}$) від об'ємної температури масла T при припрацюванні

Збільшення температури до 70° не приводить до дезорієнтації сформованих шарів, що обумовлено наявністю сильних адгезійних зв'язків вуглеводневих сполук з активованою поверхнею металу.



а



б

Рис. 2 – Поверхня тертя сталі 45 (а) та сталі ШХ-15 (б) при змащуванні синтетичним маслом для гідромеханічних коробок передач

Приріст товщини змащувального шару в період пуску, незалежно від кількості циклів при напрацюванні, складає 1 - 1,2 мкм, що несуттєво впливає на зміну сталого параметра режиму змащувальної дії.

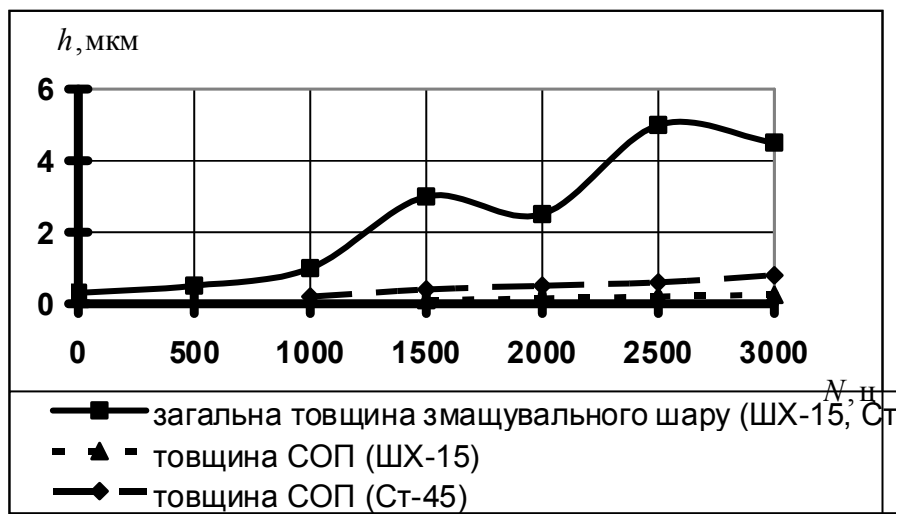


Рис. 3 – Кінетика зміни товщини адсорбційних шарів h при напрацюванні в умовах пуску

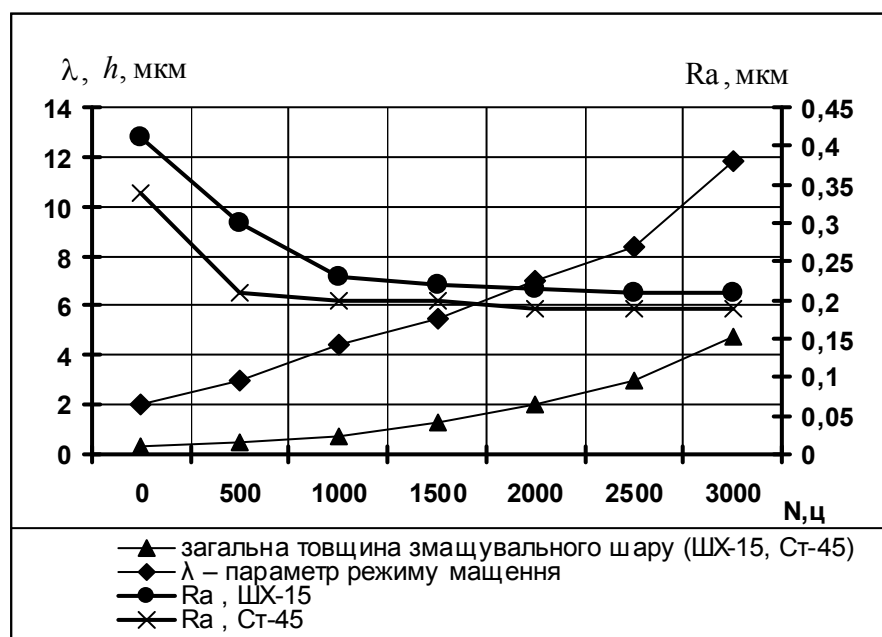


Рис. 4 – Кінетика зміни шорсткості Ra , товщини адсорбційних шарів h і режиму мащення λ , як функція напрацювання N для масла МГТ № 2

Слід зазначити, що тип металу не впливає на загальну товщину адсорбційних граничних шарів ($h_{заг} = 0,576 - 4,9$ мкм), а товщина СОП і хімічних з'єднань складає відповідно 0,35 мкм і 0,25 мкм на поверхні із сталі 45 і ШХ-15 (рис. 2, рис. 3).

Незалежно від типу змащувального матеріалу встановлена лінійна кореляція параметра ефективності мащення λ від товщини граничних адсорбційних шарів. Початкова шорсткість контактних поверхонь складала відповідно 0,402 і 0,323 мкм для сталі ШХ-15 і сталі 45. В процесі напрацювання встановлюється рівноважна шорсткість поверхонь, незалежно від типу металу, рівна, в середньому, 0,202 мкм (рис. 3). Твердість металу впливає лише на час стабілізації даного параметра - для менш твердого матеріалу сталі 45 $Ra = 0,202$ мкм встановлюється при $N \leq 500$, що в 2 рази менше ніж для ШХ-15.

Аналогічні результати були одержані в роботах [6, 7]. У міру формування і адаптації граничних шарів відбувається перехід від граничного режиму змащувальної дії ($\lambda \approx 2$) до гідродинамічного ($\lambda \geq 4$)

(рис. 4). При цьому товщина змащувального шару при гідродинамічному режимі змащувальної дії включає три складових – СОП або хімічно модифіковані шари, адсорбційні шари фізичної природи і істинно гідродинамічну складову по мірі збільшення швидкості кочення.

Висновки

Встановлено, що підвищена адсорбційна активність вуглеводневих компонентів поліальфаолефінів і ріпакової олії прискорює на 50 % час адаптації граничних адсорбційних шарів на активованій поверхні сталі, при чому сформовані адсорбційні шари характеризуються температурною стійкістю. У нестационарних умовах тертя параметр режиму мащення λ лінійно корелює з негідродинамічною складовою товщини змащувального шару, при цьому (формується стійка гранична плівка, яка забезпечує перехід від граничного до еластогідродинамічного режиму мащення).

Література

1. Кичкин Г.И. Масла для гидромеханических коробок передач / Г.И. Кичкин, А.В. Виленкин. – М.: Химия, 1969. – 212 с.
2. Виленкин А.В. Масла для шестеренных передач / А.В. Виленкин – М.: Химия, 1982. – 248 с.
3. Справочник по триботехнике: В 3т. / Под общ. ред. Хебты М., Чичинадзе А.В. – М.: Машиностроение, 1990. – Т.2: Смазочные материалы, техника смазки, опоры скольжения и качения. – 412 с.
4. Райко М.В. Исследование смазочного действия нефтяных масел в условиях работы зубчатых передач: дис. на соискание ученой степени доктора техн. наук: 05.02.04 / М.В. Райко – К.: КИИГА, 1974. – 369 с.
5. 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. – 260 с.
6. Формування та адаптація граничних шарів – основний критерій ефективності мащення в нестационарних умовах тертя / М.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов, О.О. Мікосянчик [та ін.]. // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ. – 2005. – Вип. 2. – С. 9 - 13.
7. Поліпшення триботехнічних характеристик автоматичних коробок передач за рахунок створення нових композицій мастильних матеріалів / М.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов, О.О. Мікосянчик [та ін.] // Materiały XVI Konf. “Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdów samochodowych i maszyn roboczych samojedznych”. – Rzeszow: Politechnika. – 2005. – P. 69 - 75.

Поступила в редакцію 08.06.2015

Dmitrichenko N.F., Bilyakovych O.N., Savchuk A.N., Milanenko A.A., Turitsa Y.A., Kusch A.I. **Kinetics of change of thickness of a lubricant layer at an operating time.**

The working conditions of the lubricating oil in gear boxes are determined by three factors: temperature, rotation speed gears and the pressure in the contact zone. Of these factors depends on deployment agent oil film in the contact mode and friction in tribomechanical system that determines the reliability and durability of the friction assembly. The range of pressures and velocities, which are implemented in the normal friction and wear of the surfaces defined by the nature of the materials contacting the vapor and the composition of the lubricant.

The results of this work are presented based on experimental studies of the oil MGT oil and synthetic oil based polarpoint when using samples of steel 45 and SH-15. It is established that formed the boundary lubrication layer thickness 0,657 - 2,557 micrometer for MGT oil remains stable up to $N \leq 1000$, then the degree of metallic contact is increased to 10 % of cycles, due to the changing nature of boundary films with increasing bulk oil temperature up to 50 °C. It is recorded that the increase in the thickness of the lubricant layer during start-up, regardless of the number of cycles at an operating time is about 1 - 1,2 micrometer, slightly affects the variation of the constant parameter mode lubricating action. Regardless of the type of lubricant is established linear correlation parameter of the efficiency of the lubrication of λ on the thickness of the boundary adsorption layers.

Key words: lubricant efficiency lubrication, metal contact.

References

1. Kichkine G.I., Vilenkin A.V. Oils for gidrotekhnicheskikh transmissions. M.: Chemistry, 1969. 212 p.
2. Vilenkin A.V. Gear oil for gear. M.: Chemistry, 1982. 248 p.
3. Handbook of friction machinery: 3T / Under the General editorship Habte M., Chichinadze A.V. M.: Mashinostroenie, 1990. T. 2: Lubricants, machinery lubrication, bearings of sliding and rolling. 412.
4. Rajko M.V. Investigation of the lubricating action of petroleum oils in the gears: dis. on competition of a scientific degree of Dr. sci. Sciences: 05.02.04. Rajko M.V. K.: Kiiga, 1974. 369 p.
5. Dmitrichenko N.F. Study of the influence of gas atmospheres on the lubricity of mineral oils, anti-wear and damping action of the meshing teeth of gears: dis. on competition of a scientific degree of candidate of tech. science.: 05.02.04. Dmitrichenko Nikolay Fedorovich. Kiev, Kiiga, 1980. 260 p.
6. The formation and adaptation of boundary layers – the main criterion of the effectiveness of madanna in unsteady friction conditions. N.F.Dmitrichenko, R.G.Mnatsakanov, O.A.Mikosyanchik [and others]. Project management, systems analysis and logistics. K.: NTU. 2005. Vol. 2. P. 9-13.
7. Improvement tribotechnical characteristics of automatic transmissions by creating new compositions of lubricants. N.F.Dmitrichenko, R.G.Mnatsakanov, O.A.Mikosyanchik [etc.]. Materialy XVI Konf. "Metody obliczeniowe I badawcze w rozwoju pojazdów samochodowych I maszyn roboczych samojezdnych". Rzeszow: Politechnika. 2005. P. 69-75.