

УДК 621.891
UDC 621.891

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗМАЩУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МІНЕРАЛЬНИХ ОЛИВ

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
Куц О.І., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Лізанець В.І., Національний транспортний університет, Київ, Україна

LOCATION LUBRICANTS PROCESS EFFICIENCY USING AT MINERAL OILS

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
Lizanets V.I., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ОЦЕНКА ЭФЕКТИВНОСТИ СМАЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ

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
Туриця Ю.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,
Украина
Куц А.И., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,
Украина
Лізанець В.И., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,
Украина

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню ефективності змащувального процесу при використанні мінеральних олив присвячені роботи багатьох вчених: Райко М.В., Венцеля Є.С., Гаркунова Д.Н., Дмитриченка М.Ф., Мнацканова Р.Г., Мікосянчик О.О., та інші.

Для встановлення механізмів протікання трибологічних процесів та виявлення рівня взаємодії між факторами, які впливають на динаміку їх зміни, необхідно використання емпіричної математичної моделі, яка дозволяє точно описати явища, що протікають в об'єкті, та допускає екстраполяцію в точки факторного простору, де неможливо безпосереднє спостереження цих процесів. Покрокова множинна регресія є статистичним методом аналізу зв'язку між залежною змінною y і множиною змінних (x_1, x_2, \dots, x_n) , а також служить для вибору незалежних змінних у порядку їхньої значимості. Цей метод реалізує в найбільш простому варіанті структурну ідентифікацію, оскільки з деякого заданої множини регресивних залежностей вибирається єдина, яка найкраще відповідає експериментальним даним.

Викладення невирішених питань. Для забезпечення високої надійності обладнання необхідно отримувати інформацію про стан механізму в реальному масштабі часу. Мазильний матеріал є носієм такої інформації, а його параметри характеризують процеси, що відбуваються в трибосистемі. На основі наших досліджень про ефективність мазильної дії різних за експлуатаційними

характеристиками мастильних матеріалів свідчить кінетика формування товщини мастильного шару в центральній зоні контакту. Саме за зміною даного параметру можливо спрогнозувати режим мастильної дії в контакті, перехід трибосистеми до режиму заїдання, зміну реологічних властивостей оливи – факторів, які визначають довговічність вузлів тертя. В трибомеханічних системах режим мащення залежить від багатофакторного впливу та взаємодії експлуатаційних (навантаження, швидкість, температура) і конструкційних (тип металу, мастильний матеріал) параметрів.

На сучасному етапі розвитку програмних засобів та використання обчислювальних схем аналіз багатовимірних статистичних даних у більшості випадків дозволяє: знаходити інтенсивність зв'язку між змінними (методи кореляції), одержувати аналітичну форму зв'язку (методи регресії) і визначати фактори, що породжують цей зв'язок (теорія та методи факторного аналізу).

Постановка завдання. Визначення оцінки ефективності змащувального процесу при використанні мінеральної моторної оливи 15w40 з метою прогнозування режиму мастильної дії в контакті. Дослідження проводились при контактних напругах 251,5; 316,9; 362,7 МПа в умовах поступового збільшення сумарної швидкості кочення (від 0 до 3,3 м/с) з проковзуванням 15%. Товщина мастильного матеріалу визначалась методом оптичної інтерференції.

Викладення основного матеріалу. За одержаними емпіричними даними щодо мастильної дії в контакті при використанні мінеральної моторної оливи 15w40 з присадками та добавками створена емпірична математична модель оцінки ефективності змащувального процесу. Запропонована модель включає рівняння множинної регресії, одержані на основі аналізу зв'язку багатовимірних статистичних даних між залежною змінною (y) та множиною змінних (x_1, x_2, \dots, x_n).

В якості залежної змінної була обрана: h_ϕ – фактична товщина в центральній зоні контакту. Незалежними змінними являвся наступний набір регресорів: t (τ) – напруга зсуву мастильного шару, МПа; u (f) – коефіцієнт тертя; v (γ) – градієнт швидкості зсуву, c^{-1} ; w ($\eta_{\text{еф}}$) – ефективна в'язкість в контакті, Па·с; z ($V_{\text{ков.}}$) – швидкість ковзання; r (T) – об'ємна температура оливи, $^{\circ}\text{C}$; q (N) – навантаження в контакті, Н.

При обробці експериментальних параметрів були одержані рівняння регресії, що характеризуються високою якістю апроксимації, згідно яких товщина мастильного шару залежить від наступних параметрів:

$h_\phi = f(\eta_{\text{еф}}, \tau, T, N)$ – за рівнянням регресії лінійної моделі.

Лінійна модель: $h_d = -27.174 + 1.5196 \cdot w + 4.3520 \cdot t - 0.17721 \cdot r + 6.3680 \cdot q$

$h_\phi = f(\eta_{\text{еф}} \cdot N; \eta_{\text{еф}} \cdot T; \eta_{\text{еф}} \cdot T \cdot \tau \cdot \gamma)$ – за рівнянням регресії нелінійної моделі.

Нелінійна модель: $h_d = 40.85399 + 0.066966 \cdot w \cdot q + 6.7332 \cdot w \cdot r - 0.00026901 \cdot w \cdot r \cdot v$

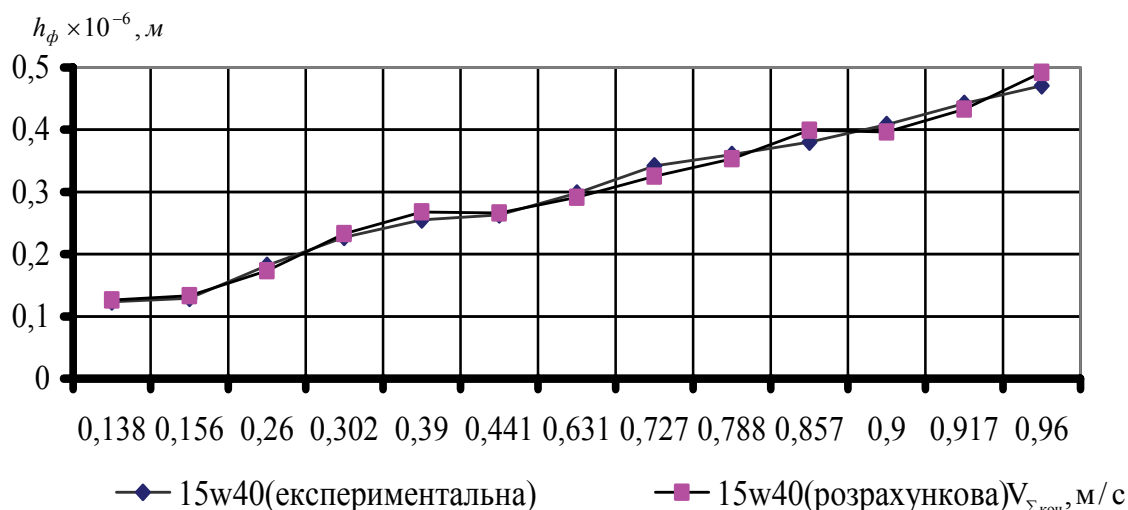


Рисунок 1 – Експериментальна і теоретична криві зміни товщини мастильного шару h із зростанням швидкості кочення $V_{\Sigma \text{ков}}$ при дотичній напрузі $\sigma_{\text{max}} = 251,5 \text{ МПа}$ ($t_m = 20^{\circ}\text{C}$) при використанні моторної оливи (лінійна модель)

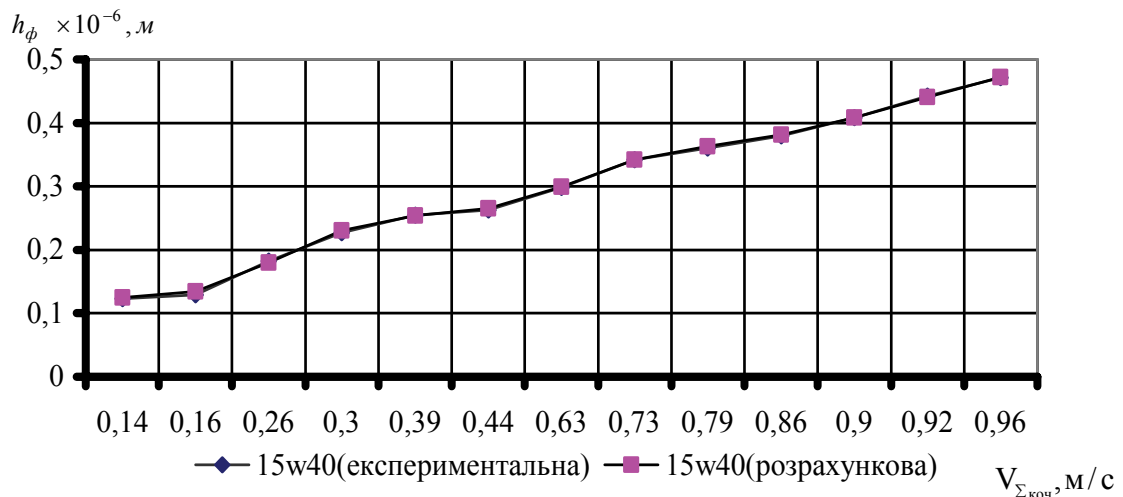


Рисунок 2 – Експериментальна і теоретична криві зміни товщини мастильного шару h із зростанням швидкості кочення $V_{\Sigma\text{коч}}$ при дотичній напрузі $\sigma_{\text{max}} = 251,5\text{МПа}$ ($t_{\text{м}} = 20^{\circ}\text{C}$) при використанні моторної оливи (нелінійна модель)

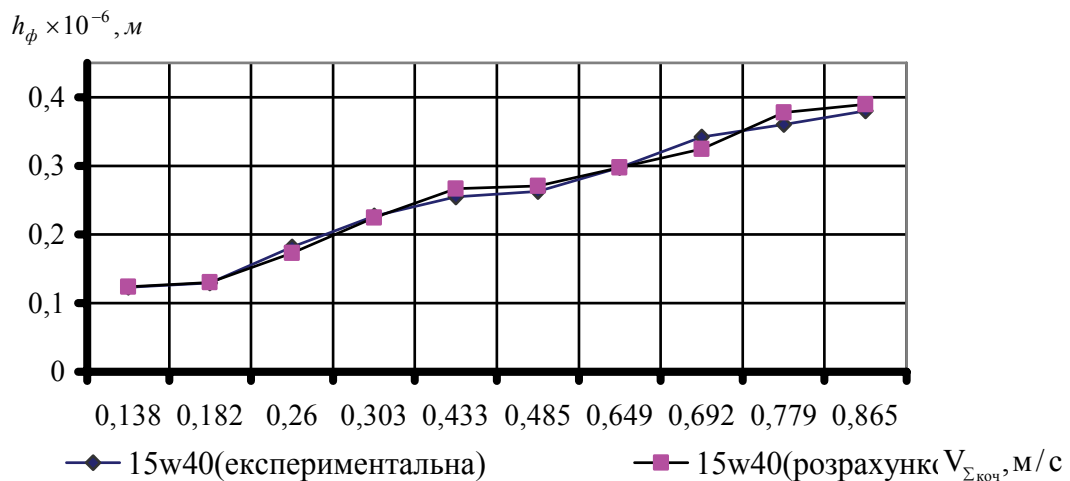


Рисунок 3 – Експериментальна і теоретична криві зміни товщини мастильного шару h із зростанням швидкості кочення $V_{\Sigma\text{коч}}$ при дотичній напрузі $\sigma_{\text{max}} = 362,7\text{МПа}$ ($t_{\text{м}} = 70^{\circ}\text{C}$) при використанні моторної оливи (лінійна модель)

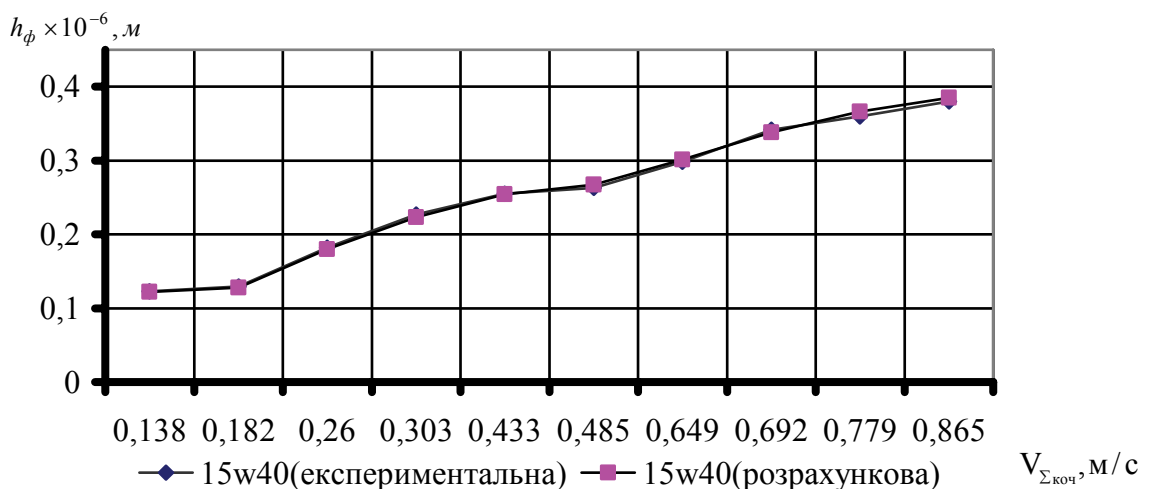


Рисунок 4 – Експериментальна і теоретична криві зміни товщини мастильного шару h із зростанням швидкості кочення $V_{\Sigma\text{коч}}$ при дотичній напрузі $\sigma_{\text{max}} = 362,7\text{МПа}$ ($t_{\text{м}} = 70^{\circ}\text{C}$) при використанні моторної оливи (нелінійна модель)

На підставі одержаних рівнянь значимими триботехнічними параметрами, які визначають динаміку формування товщини мастильного шару, є наступні чинники: реологічні характеристики оливи (ефективна в'язкість в контакті, градієнт швидкості зсуву і напруга зсуву мастильного шару), температура, сумарна швидкість кочення, навантаження в контакті.

Адекватність створеної моделі перевіряли за критеріями Фішера та Стьюдента, коефіцієнтами множинної кореляції, регресії та СКВ регресії при довірчому інтервалі 0,95.

Користуючись одержаними рівняннями можливо на стадії проектування визначати зміни триботехнічних параметрів механізмів з точковою формою контакту в залежності від мастильного матеріалу, що значно підвищить надійність трибомеханічної системи (рис. 5, 6).

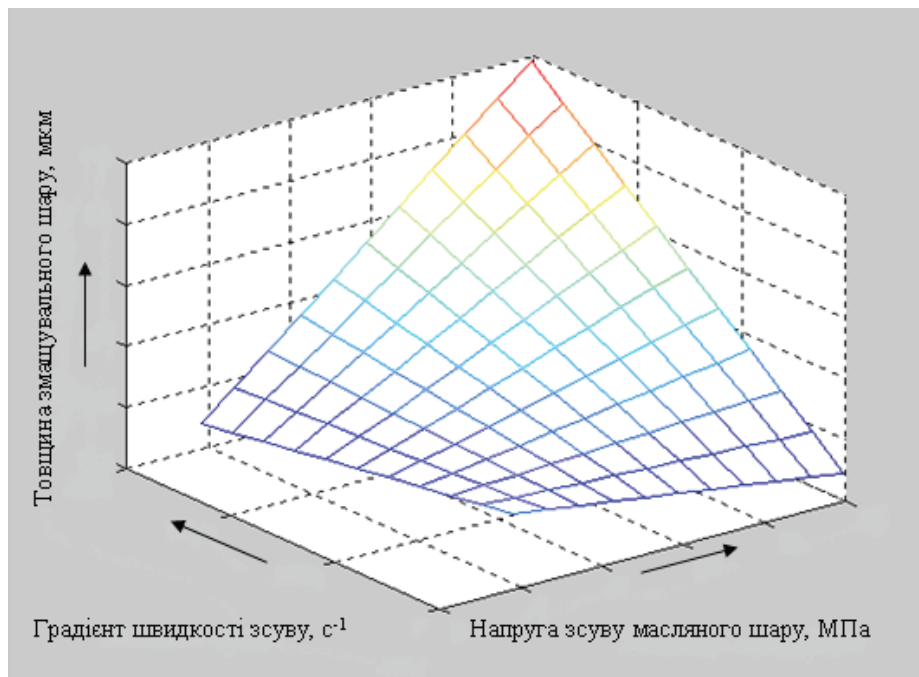


Рисунок 5 – Залежність товщини h мастильного шару від градієнта швидкості $\dot{\gamma}$ зсуву та напруги зсуву мастильного шару τ

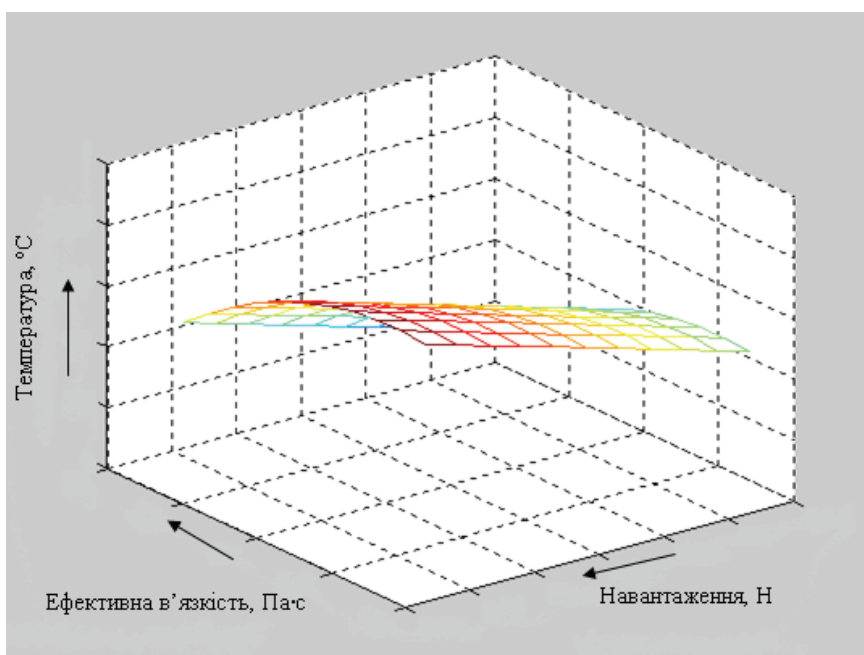


Рисунок 6 – Залежність ефективної в'язкості η від об'ємної температури оливи t_m та навантаження в контакті N

В розробленій математичній моделі відносно мастильної здатності оливи 15W40 найбільший вплив на динаміку утворення товщини мастильного шару при пускових швидкостях кочення має ефективна в'язкість в контакті – множинний коефіцієнт кореляції при включенні даного регресора в отримане рівняння складає 0,8912. На основі отриманих експериментальних даних зміна ефективної в'язкості в контакті корелює в найбільшому ступені зі зміною температури (коефіцієнт кореляції – 0,7579) і тиску (коефіцієнт кореляції +0,8326). Необхідно відмітити, що незалежно від фізико-хімічного складу інших досліджуваних груп олив дані коефіцієнти відрізняються, в середньому, на 10%.

Висновок та перспективи подальших розвідок. Вимірювання товщини мастильного шару в контакті тертя проводилось інтерференційним методом, що дозволило найбільш обґрунтовано диференціювати мастильні матеріали за реологічними ознаками та виявити кінетичну залежність формування товщини мастильного шару від таких факторів, як: навантаження, швидкість, температура, фізико – хімічний склад дослідженого мастильного матеріалу. Створена емпірична математична еластогідродинамічна (ЕГД) – модель мащення точкового контакту, яка дає змогу моделювати розподіл товщини мастильного шару в центральній зоні контакту в широких швидкісних, температурних та навантажувальних діапазонах в залежності від реологічних властивостей мастильних матеріалів. Підтвержені достовірність і адекватність створеної моделі можуть забезпечити її використання для оперативної оцінки працездатності оливи і стану трибосистеми в цілому. Зокрема, модель створена для діагностики моторних, трансмісійних олив, олив для автоматичних коробок передач і вузлів тертя, з точковою формою контакту (опори кочення, зубчасті передачі).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дмитриченко Н.Ф. Смазочные процессы в условиях нестационарного трения / Н.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов. – Житомир: ЖИТИ, 2002. – 308 с.
2. Міланенко О.А. Мастильна дія олив 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.
3. Чихос Х. Системный анализ в трибонике. – М: Мир, 1982. – 352 с.
4. Чанг. Численное определение толщины упругогидродинамической пленки при эллиптическом контакте // Труды Америк. общ. инж.-мех.: Проблемы трения и смазки. – 1970. – № 1.с. 178 – 186.
5. Дмитриченко Н.Ф. Эластогидродинамическая смазка линейных контактов в условиях обильной смазки и масляного голодания / Н.Ф. Дмитриченко, Р. Гохар, Уэн Дж. // Трение и износ. – 1993. – т. 14, № 13. – С. 438 – 443.
6. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965. – 156 с.
7. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений. – М.: Наука, 1969. – 344 с.
8. Мікосянчик О.О. Оцінка триботехнічних параметрів мастильних матеріалів при граничному мащенні в умовах локального контакту: дис. канд. техн. наук: 05.02.04 / Національний транспортний ун-т. – К., 2006

REFERENCES

1. Dmytrichenko M.F., Mnatsakanov R.G. Lubricating processes under unsteady friction. GITI, 2002. – 308 p. (Rus)
2. Milanenko O.A. Lubricity oils in point contact friction conditions abundant lubrication and lubricant starvation: Dis. for the degree Ph.D, associate professor 05.02.04. – K.: NAU, 2000. – 214 p. (Ukr)
3. Chihos H. Systems analysis of tribonika. M. Mir, 1982. – 352 p. (Rus)
4. Chang. Numerical determination of the thickness of the film at elliptical elastohydrodynamic contact. Proceedings of the Amer. Society. engineer-fur. Problems of friction and lubrication. 1970. №1. P. 178 – 186. (Rus)

5. Dmitrychenko M.F., Gohar R., Uen Dg. Elastohydrodynamic lubrication line contacts under abundant lubrication and oil starvation. Friction and wear. 1993. T.14. №13. P. 438 – 443. (Rus)
6. Nalimov V.V., Chernova N.A. Statistical methods for planning experiments extreme. M., Science. 1965. 156 p. (Rus)
7. Shigolev B.M. Mathematical treatment of observations. M., Science. 1969. 344 p. (Rus)
8. Mykosiyanichik O.O. Evaluation of tribological parameters of lubricants in extreme lubrication conditions of the local contact. Dis. for the degree Ph.D, associate professor 05.02.04. NTU. K. 2006. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Оцінка ефективності змащувального процесу при використанні мінеральних олів / М.Ф. Дмитриченко, О.М. Білякович, А.М. Савчук, Ю.О. Туриця, О.І. Куш, В.І. Лізанець // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. – Вип. 29.

В статті представлені результати дослідження для визначення оцінки ефективності змащувального процесу при використанні мінеральної моторної оливи 15w40. Дослідження проводились при контактних напругах 251,5; 316,9; 362,7 МПа в умовах поступового збільшення сумарної швидкості кочення (від 0 до 3,3 м/с) з проковзуванням 15%. Товщина мастильного матеріалу визначалась методом оптичної інтерференції.

Об'єкт дослідження – кінетика формування товщини мастильного шару в центральній зоні контакту.

Метою роботи являлось визначення оцінки ефективності змащувального процесу при використанні мінеральної моторної оливи 15w40.

Метод дослідження – експериментальне визначення мастильної дії в контакті мінеральної моторної оливи 15w40 з присадками та добавками за допомогою інтерференційного методу.

За одержаними емпіричними даними щодо мастильної дії в контакті при використанні мінеральної моторної оливи 15w40 з присадками та добавками створена емпірична математична модель оцінки ефективності змащувального процесу. Запропонована модель включає рівняння множинної регресії, одержані на основі аналізу зв'язку багатовимірних статистичних даних між залежною змінною (y) та множиною змінних (x_1, x_2, \dots, x_n).

В якості залежної змінної була обрана: h_f – фактична товщина в центральній зоні контакту. Незалежними змінними являвся наступний набір регресорів: t (τ) – напруга зсуву мастильного шару, МПа; u (f) – коефіцієнт тертя; v (γ) – градієнт швидкості зсуву, c^{-1} ; w (η_{ef}) – ефективна в'язкість в контакті, Па·с; z ($V_{ков.}$) – швидкість ковзання; g (T) – об'ємна температура оливи, $^{\circ}C$; q (N) – навантаження в контакті, Н.

В розробленій моделі відносно мастильної здатності оливи найбільший вплив на динаміку утворення товщини мастильного шару при пускових швидкостях кочення має ефективна в'язкість в контакті – множинний коефіцієнт кореляції при включенні даного регресора в отримане рівняння складає 0,8912. На основі отриманих експериментальних даних зміна ефективної в'язкості в контакті корелює в найбільшому ступені зі зміною температури (коефіцієнт кореляції - 0,7579) і тиску (коефіцієнт кореляції +0,8326). Необхідно відмітити, що незалежно від фізико-хімічного складу інших досліджуваних груп олів дані коефіцієнти відрізняються, в середньому, на 10%. Користуючись одержаними рівняннями можливо на стадії проектування визначати зміни триботехнічних параметрів механізмів з точковою формою контакту в залежності від мастильного матеріалу, що значно підвищить надійність трибомеханічної системи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТОВЩИНА МАСТИЛЬНОГО ШАРУ, РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ОЛИВ, ЕФЕКТИВНА В'ЯЗКІСТЬ, КОЕФІЦІЄНТ КОРЕЛЯЦІЇ, НАВАНТАЖЕННЯ В КОНТАКТІ.

ABSTRACT

Dmitrichenko N.F., Bilyakovich O.N., Savchuk A.N., Turitsa Y.A., Kushch A.I., Lizanets V.I. Features of trybomechanichnyh systems in poor lubrication with increasing bulk temperature lubricants. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2014. – Vol. 29.

In the article the presented results of research for determination of estimation of efficiency of lubricating process at the use of mineral motor oil 15w40. Researches were conducted at contact tensions

251,5; 316,9; 362,7 MPa in the conditions of gradual increase of total speed of wobbling (from 0 to 3,3 m/s) with slipping 15%. The thickness of lubricating material was determined the method of optical interference.

The object of study - kinetics of forming of thickness of lubricating layer in the central area of contact. The purpose of work was determination of estimation of efficiency of lubricating process at the use of mineral motor oil 15w40.

Research method - experimental determination of lubricating action in the contact of mineral motor butter 105w40 with additives and additions by an interference method.

The purpose was to study the mechanism of action of the oil and rheological properties of oils in the temperature range of 20 - 70 ° C in conditions of inadequate lubrication.

From got empiric data in relation to a lubricating action in a contact at the use of motor oil 15w40 with additives and additions the empiric mathematical model of estimation of efficiency of lubricating process is created. The offered model includes equalizations of multiple regression, connections of multidimensional statistical information got on the basis of analysis between a dependency variable (y) and plural of variables (x_1, x_2, \dots, x_n).

As a dependency variable was chosen: h_ϕ is an actual thickness in the central area of contact. Independent variables was the following set of relictions: t (τ) is tension of change of lubricating layer, MPa; u (f) is a coefficient of friction; v (γ) is a gradient of speed of change, s^{-1} ; w ($\eta_{\text{эф}}$) is effective viscosity in a contact, Pa·s; z ($V_{\text{ков.}}$) is sliding speed; r (T) is a by volume temperature of oil, °C; q (N) is loading in a contact, N.

In the developed model concerning lubricating ability of oil most influence on the dynamics of formation of thickness of lubricating layer at starting speeds of wobbling has effective viscosity in a contact – a plural coefficient of correlation at plugging of this reliction in the got equalization is 0,8912. On the basis of the experimental findings a change effective viscosity in a contact correlates in a most degree with the change of temperature (coefficient of correlation - 0,7579) and pressure (coefficient of correlation +0,8326). It is necessary to mark that regardless of physical and chemical composition of other probed groups of oils these coefficients differ, on the average, on 10%. Using the got equalizations it is possible on the stage of planning to determine the changes of tribotekhnicheskikh parameters of mechanisms with the point form of contact depending on lubricating material which will promote reliability of the tribomekhanicheskoy system considerably.

KEY WORDS: FILM THICKNESS, RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THE OILS, THE EFFECTIVE VISCOSITY, THE CORRELATION COEFFICIENT, LOADED CONTACT.

РЕФЕРАТ

Дмитриченко Н.Ф. Оценка эффективности смазочного процесса при использовании минеральных олиив / Н.Ф. Дмитриченко, О.Н. Билякович, А.Н. Савчук, Ю.А. Турица, А.И. Куш, В.И. Лизанец // Вестник Национального транспортного университета. — К. : НТУ, 2014. — Вып. 29.

В статье представлены результаты исследования для определения оценки эффективности смазочного процесса при использовании минерального моторного масла 15w40. Исследования проводились при контактных напряжениях 251,5; 316,9; 362,7 МПа в условиях постепенного увеличения суммарной скорости качения (от 0 до 3,3 м/с) с проскальзыванием 15%. Толщина смазочного материала определялась методом оптической интерференции.

Объект исследования – кинетика формирования толщины смазочного слоя в центральной зоне контакта. Целью работы являлось определение оценки эффективности смазочного процесса при использовании минерального моторного масла 15w40.

Метод исследования – экспериментальное определение смазочного действия в контакте минерального моторного масла 105w40 с присадками и добавками с помощью интерференционного метода.

По полученным эмпирическим данным относительно смазочного действия в контакте при использовании моторного масла 15w40 с присадками и добавками создана эмпирическая математическая модель оценки эффективности смазочного процесса. Предложенная модель включает уравнения множественной регрессии, полученные на основе анализа связи многомерных

статистических данных между зависимой переменной (y) и множественным числом переменных (x_1, x_2, \dots, x_n).

В качестве зависимой переменной была выбрана: h_{ϕ} – фактическая толщина в центральной зоне контакта. Независимыми переменными представлялся следующий набор регрессоров: t (τ) – напряжение сдвига смазочного слоя, МПа; u (f) – коэффициент трения; v (γ) – градиент скорости сдвига, c^{-1} ; w ($\eta_{\text{эф}}$) – эффективная вязкость в контакте, Па·с; z ($V_{\text{ков.}}$) – скорость скольжения; g (T) – объемная температура масла, $^{\circ}\text{C}$; q (N) – нагрузка в контакте, Н.

В разработанной модели относительно смазочной способности масла наибольшее влияние на динамику образования толщины смазочного слоя при пусковых скоростях качения имеет эффективная вязкость в контакте – множественный коэффициент корреляции при включении данного регрессора в полученное уравнение составляет 0,8912. На основе полученных экспериментальных данных изменение эффективной вязкости в контакте коррелирует в наибольшей степени с изменением температуры (коэффициент корреляции - 0,7579) и давления (коэффициент корреляции +0,8326). Необходимо отметить, что независимо от физико-химического состава других исследуемых групп масел данные коэффициенты отличаются, в среднем, на 10%. Пользуясь полученными уравнениями возможно на стадии проектирования определять изменения триботехнических параметров механизмов с точечной формой контакта в зависимости от смазочного материала, который значительно повысит надежность трибомеханической системы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТОЛЩИНА СМАЗОЧНОГО СЛОЯ, РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАСЕЛ, ЭФФЕКТИВНАЯ ВЯЗКОСТЬ, КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ, НАГРУЗКИ В КОНТАКТЕ.

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.

Лізанець Віталій Ігорович, Національний транспортний університет, молодший науковий співробітник кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: lizanets_vitaliy@ukr.net, 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.

Turitsa 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.

Lizanets Vytaliy I., National Transport University, junior researcher department of Manufacturing repair and materialoved, e-mail: lizanets_vitaliy@ukr.net, 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 материалознаводство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044)2808203, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 318.

Биякович 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 материалознаводство», e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.102.

Туриця Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материалознаводство», e-mail: yuliya_tur@ukr.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.102.

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

Лизанец Виталий Игоревич, Национальный транспортный университет, младший научный сотрудник кафедры «Производство, ремонт и материалознаводство», e-mail: lizanets_vitaliy@ukr.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к.102.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Матейчик В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

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

REVIEWER:

Mateychuk V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), National Transport University, professor department of ecology and safety of vital functions, Kyiv, Ukraine.

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