

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ТРИБОСПОЛУЧЕНЬ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТРИВАЛОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОЛИВ

METHOD OF EVALUATION OF WEAR RESISTANCE OF FRICTION UNITS DEPENDING ON THE LIFESPAN OF OILS

© Дмитриченко М.Ф., Білякович О.М., Савчук А.М., Міланенко О.А., Туриця Ю.О., 2015

The results of comprehensive research on the designated procedure will contribute to the optimization of the management and selection of elements studied tribosystems.

Keywords - wear, the contact surface, lubricating material, resource oil, acceptance level indicators.

Результати комплексних досліджень за означеною методикою сприятимуть оптимізації терміну раціонального використання та підбору елементів досліджуваних трибосистем.

Ключові слова - знос контактної поверхні, мастильний матеріал, ресурс масла, бракувальний рівень показників.

Вступ

У процесі тертя та зношування у трибосистемах відбуваються різноманітні фізико-хімічні процеси, що пов'язані зі взаємною зміною мастильних матеріалів та поверхонь тертя. Зокрема, проходять механічні та термічні деструкційні процеси безпосередньо у самому мастильному середовищі, внаслідок чого утворюються продукти старіння та полімеризації, відбувається насичення олів та мастил продуктами зношування, дрібнодисперсними частинками зовнішніх забруднень.

Постановка проблеми. Для встановлення позитивного впливу процесів старіння та забруднення трансмісійних оліву процесі експлуатації необхідно провести аналіз впливу на протизношувальні процеси у трибосистемах такого важливого відбраковочного показника олів як ступінь їх забруднення механічними домішками.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанню дослідження впливу ступеня забруднення олів механічними домішками на триботехнічні властивості мастильних матеріалів присвячені роботи багатьох провідних вчених: Венцеля Є.С., Гаркунова Д.Н., Дмитриченка М.Ф., Мнацаканова Р.Г., Мікосянчик О.О., Біляковича О.М., та інш.

Формулювання цілі статті. Проведення оцінки зносостійкості контактних поверхонь трибосполучень в залежності від тривалості експлуатації мастильного матеріалу для виявлення закономірності у поведженні олів на протязі рекомендованого ресурсу їх експлуатації.

Виклад основного матеріалу. Методика оцінки зносостійкості контактних поверхонь трибосполучень в залежності від тривалості експлуатації мастильного матеріалу може бути представлена у вигляді послідовності певних дій, що зазначені у наступних пунктах:

1. Організувати та провести натурні випробування мастильних матеріалів в умовах довготривалої експлуатації, для чого обрати групу підконтрольних транспортних засобів (ПТЗ), в агрегати трансмісії яких заливається олива однієї марки та контролюється тривалість її використання.

2. Виходячи з аналізу нормативних значень ресурсу конкретної марки оливи, визначити періодичність проведення відбору проб досліджуваного мастильного середовища, яка може оцінюватись величиною пробігу ПТЗ (у тис. км) або наробітком певного агрегата (у мото-годинах).

3. Здійснити відбір проб досліджуваної марки оливи зі встановленою періодичністю у відповідності до алгоритма, наведеного науковому творі «Математична модель визначення найбільш вагомих відбраковочних показників моторних та трансмісійних олив» [16].

4. Виготовити із застосуванням типових зміцнюючих технологій металеві зразки з різних марок сталей для реалізації експериментальних досліджень щодо оцінки зносостійкості контактних поверхонь пар тертя у залежності від тривалості експлуатації мастильного матеріалу.

5. Для визначення величини зносу та мікротвердості (Н_μ) поверхневих шарів (ПШ) трибосполучень в умовах локального контакту використати метод штучних баз, для чого нанести на робочі поверхні зразків заглиблення (штучні бази) з метою подальшого вимірювання відстані від дна цього заглиблення до зношеної поверхні до і після трибовипробувань. Визначити величину початкової мікротвердості робочих поверхонь зразків до випробувань.

6. Провести триботехнічні випробування досліджуваних трибосистем (металеві зразки – мастильне середовище) на лабораторній одноконтактній установці, що моделює умови експлуатації трибосполучень в реальних вузлах та агрегатах трансмісій транспортних засобів.

7. По завершенні випробувань на лабораторній установці визначити величину зносу досліджуваних поверхонь означеним методом, провести розрахунок кінцевих значень Н_μ ПШ, оцінити величину зміни мікротвердості до проведення випробувань та після їх завершення ($\Delta N_{\mu} = N_{\mu_{\text{кінц.}}} - N_{\mu_{\text{поч.}}}$).

8. Побудувати діаграми величини зносу досліджуваних пар тертя після попередніх випробувань в середовищі оливи із різними значеннями залишкового ресурсу.

9. Побудувати залежності значень зносу ПШ досліджуваних зразків від величини попереднього пробігу підконтрольних транспортних засобів.

10. Для вирішення задачі безконтактного визначення з нанометровою точністю величини зносу в залежності від значень залишкового ресурсу трансмісійних олив протестувати досліджувані поверхні трибосполучень методом візуалізації із застосуванням оптичного інтерференційного профілометра.

11. Проаналізувати отримані профілограми та 3D топографію граничної зони досліджуваних зразків.

12. На основі аналізу отриманих залежностей (п. 9) та даних щодо зміни значень мікротвердості після випробувань у середовищі досліджуваних мастильних матеріалів надати рекомендації щодо раціонального терміну застосування конкретної марки трансмісійної оливи.

Результати комплексних досліджень за означеною методикою сприятимуть оптимізації терміну раціонального використання та підбору елементів досліджуваних трибосистем.

У якості прикладу можна навести дослідження, що проводилось за вищенаведеною методикою щодо оцінки протизношувальних властивостей однієї з найпоширеніших марок трансмісійних олив від вітчизняного виробника ТМ-5-18 (Азмол ТАД – 17і) у стані постачання та після її застосування в агрегатах трансмісій рейсових автобусів і тролейбусів м. Києва. Триботехнічні випробування в середовищі даної оливи, проби якої були відібрані із різними значеннями залишкового ресурсу, проходили на зразках роликового типу, виготовлених зі сталей Ст45 та 30ХГСА. Відбір проб оливи при цьому здійснювався за спеціально розробленою програмою триботехнічних випробувань у залежності від величини пробігу підконтрольних транспортних засобів (ПТЗ) з інтервалом 10000 км від 0 до 90000 км. Досліджувані зразки так само, як і реальні зубчаті колеса, підлягали загартуванню до необхідної твердості.

На рис.1 представлено результати вимірювання величини зносу після випробувань у середовищі трансмісійної оливи ТАД-17і із різним залишковим ресурсом. Як видно з діаграми, значення зносу, отримані методом штучних баз, при проведенні експериментальних досліджень на протязі 2,5 годин у оливі в стані постачання становило близько 0,9 мкм. Дане значення можна

використати у якості базового при проведенні порівняльного аналізу аналогічних значень, що були отримані після випробувань у оливі, проби якої були відібрані з агрегатів трансмісій на різних стадіях використання.

Проби трансмісійної оливи ТАД-17і, відібрані після пробігу ПТЗ 30000 км знаходяться у, так званому, перехідному якісному стані, коли активні присадки частково або цілком вироблені, а процеси окислювання і полімеризації базової частини оливи ще недостатньо ефективні при формуванні граничних мастильних шарів (ГМШ), отже, ефективність мастильної дії є мінімальною. При цьому значення зносу, зафіксоване після завершення випробувань на СМЦ-2 становило максимальну величину (при мінімальному значенні товщини поліфазного ГМШ), перевищуючи базове майже на 40%.

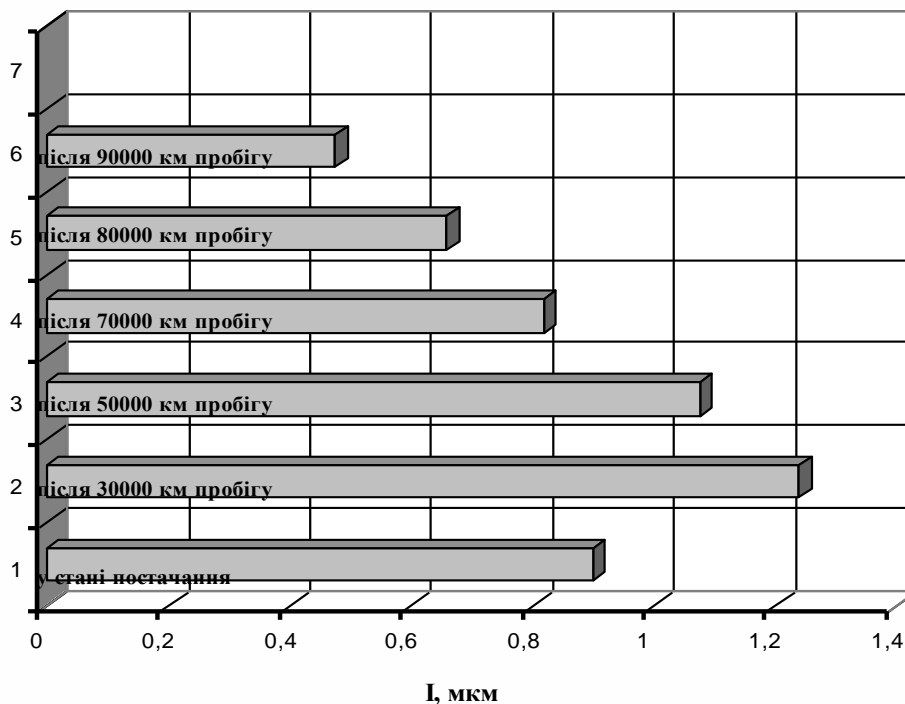


Рис.1 – Діаграма значень зносу досліджуваних зразків, отриманих методом штучних баз (нестационарний режим тертя, зразки – Ст 45, олива – ТАД-17і, $T_{об}=90^{\circ}C$)

Причому, наявність подібної «перехідної зони» якісного стану мастильних матеріалів в умовах їх тривалого використання була також виявлена під час випробування у середовищі інших марок трансмісійних олив, що може вказувати на існування певної закономірності у поведженні олив на протязі рекомендованого ресурсу їх експлуатації.

Зі зростанням величини попереднього пробігу ПТЗ у діапазоні від 30000 до 90000 км спостерігалось поступове зменшення значень зносу поверхонь трибосполучень, що були визначені після випробувань у вищезазначених мастильних середовищах. Причому, зафіксоване значення зносу у середовищі оливи після пробігу ПТЗ 90000 км на 47% зменшилось у порівнянні з аналогічним значенням, отриманим після випробувань у оливі в стані постачання. Товщина ГМШ безпосередньо пов'язана із зносостійкістю трибосполучення – зі зростанням її значень зношування пар тертя зменшується так як при цьому зменшуються зсувні напруження у граничних мастильних шарах, що знаходить підтвердження у ряді публікацій [8-11].

Оскільки при аналізі зміни значень товщини поліфазного ГМШ у процесі випробувань у оливі ТАД-17і зафіксовано поступове збільшення $h_{пф}$ для випадку використання проб оливи, злитих з агрегатів трансмісій у діапазоні 30000-90000 км пробігу ПТЗ, зменшення величини зносу після випробувань у оливі з відповідними значеннями залишкового ресурсу є цілком логічним (рис.2).

Зі збільшенням пробігу ПТЗ, а, отже, зі збільшенням тривалості експлуатації трибосистем їх елементи все більше зазнають змін структурного та якісного характеру, які у відповідності до принципу Ле-Шательє-Брауна проходять у напрямку максимальної пристосованості трибосистеми до умов тертя, створення нових структур, здатних забезпечувати мінімальний рівень енерговитрат на тертя – олива у стані постачання з часом набуває кращих протизношувальних властивостей за рахунок накопичення продуктів старіння та механічних домішок складної структури, що являються протизношувальною та протизадирною присадкою, яку генерує сама олива.

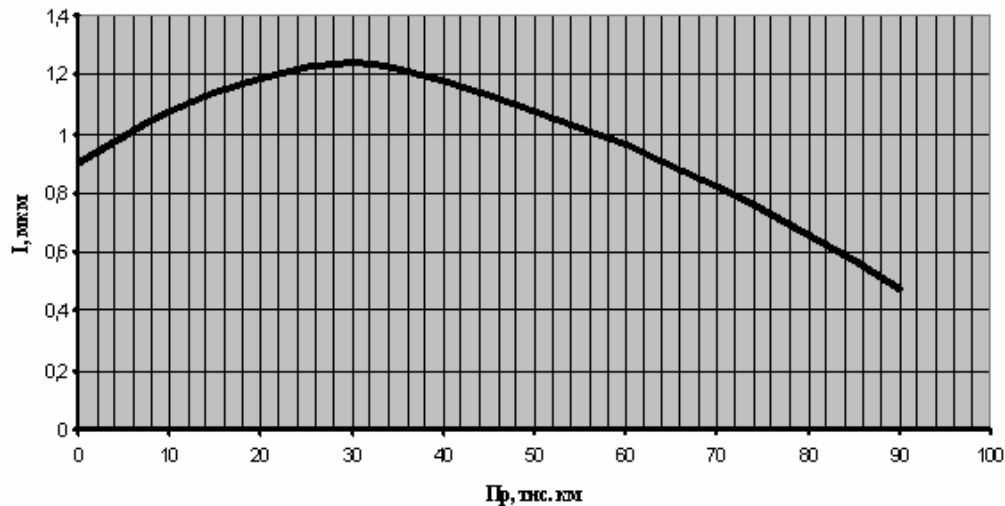


Рис.2 – Залежність зносу досліджуваних зразків від залишкового ресурсу оливи ТВД-17і (нестационарний режим тертя, зразки – Ст 45, $T_{об} = 90^{\circ}C$): Пр – пробіг підконтрольних транспортних засобів

Для більш об'єктивної оцінки процесу зношування в агрегатах трансмісії ПТЗ ряд експериментів було проведено в умовах стаціонарного тертя з фіксацією величини зносу трибосполучень після випробувань у досліджуваних мастильних середовищах. Закономірності зміни значень зносу досліджуваних зразків при сталих навантаженнях та швидкості обертання привідного валу машини тертя СМЦ-2 у залежності від якісного стану оливи ТВД-17і не мали суттєвих відмінностей порівняно з аналогічними закономірностями, отриманими після випробувань в умовах нестационарного тертя.

Як видно з рис. 3, зафіксовані абсолютні значення зносу у середовищі всіх без винятку проб трансмісійних олив мали менші величини, що є цілком логічним і пояснюється відсутністю суттєвих коливань навантажувально-швидкісних та температурних режимів випробувань при стаціонарному терті, що сприяло більш інтенсивному процесу формування ГМШ та суттєвому збільшенню значень їх товщини у порівнянні зі значеннями, зафіксованими при випробуваннях в умовах нестационарного тертя.

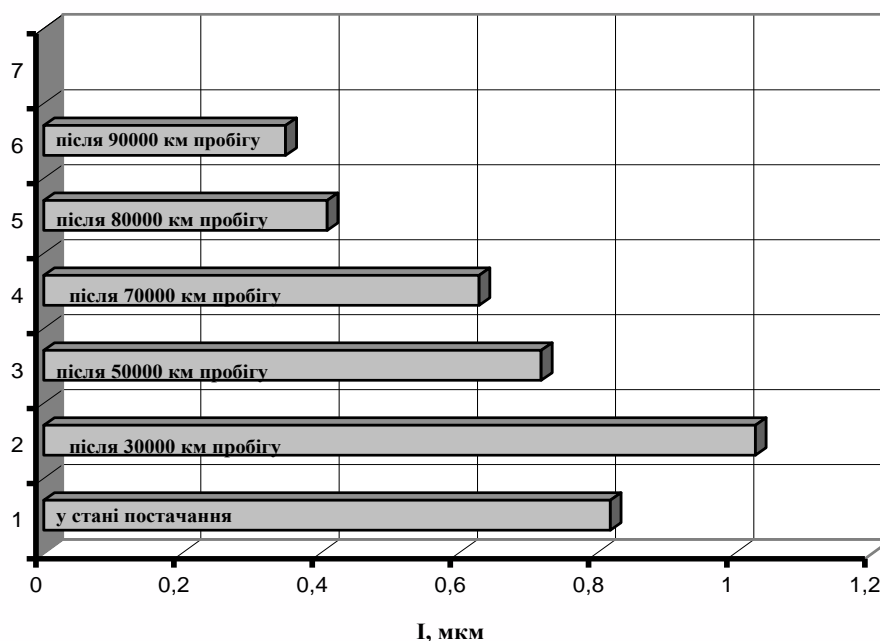


Рис.3 – Діаграма значень зносу досліджуваних зразків, отриманих методом штучних баз (стаціонарний режим тертя, зразки – Ст 30ХГСА, олива – ТАД-17і, $T_{об}=90^{\circ}C$)

Вищенаведені закономірності процесів зношування у залежності від значень залишкового ресурсу трансмісійних олив знаходять підтвердження при аналізі результатів тестування поверхонь трибосполучень методом візуалізації із застосуванням оптичного інтерференційного профілометра «Мікрон-альфа» [12].

Отже, при реалізації граничного мащення в агрегатах механічних трансмісій протікання зношувальних процесів протягом тривалого періоду використання мастильних середовищ має ідентичний характер як при стаціонарних так і нестаціонарних режимах тертя, обумовлених різними стадіями експлуатації та особливостями функціонального призначення транспортних засобів.

На основі аналізу «кривої зносу» (рис.2) можна стверджувати, що у досліджуваному інтервалі значень залишкового ресурсу (0 – 90000 км пробігу ПТЗ) спостерігаються позитивні тенденції щодо зміни протизношувальних властивостей трансмісійної оливи ТАД-17і. Отже, регламентований ресурс даної марки оливи (50-70 тис. км пробігу транспортних засобів) рекомендовано збільшити до 90 тис. км пробігу при використанні у коробках передач та ведучих мостах легкових і вантажних автомобілів загального призначення, причому, виходячи з характеру проходження отриманої залежності, термін раціонального використання оливи ТАД-17і не обмежується вищенаведеним значенням пробігу транспортних засобів, хоча подібне твердження потребує проведення додаткових досліджень.

Висновки. Результати проведених досліджень не є свідченням доцільності беззмінної експлуатації мастильних матеріалів в агрегатах трансмісій автотранспортних засобів. При очевидній корисності продуктів старіння та забруднення оливи, що при певних умовах здійснюють протизношувальний вплив на елементи трибосистеми, слід зауважити на наявність обставин, які вимагатимуть заміни мастильного середовища. При надмірному окисленні оливи зростає її в'язкість, що створює сприятливі умови для утворення консистентних згустків, при цьому може зростати корозійна агресивність оливи, присутність крупнофрагментних частинок механічних домішок може спричинити виникнення абразивного зношування, суттєве збільшення концентрації домішок призводить до коагуляції останніх, їх осідання, забивання маслопроводів та фільтрів тощо.

Саме тому говорити про можливість ефективного використання у трибосистемах продуктів старіння та забруднення оливи, розробляти рекомендації щодо оптимізації їх раціонального

застосування, методики прогнозування ресурсу трансмісійних олів можна виключно на основі проведення хімотологічних досліджень процесів старіння мастильного середовища, глибокого вивчення кінетики формування та деструкції поліфазних граничних шарів в умовах зміни якісного стану мастильних середовищ при тривалій експлуатації вузлів тертя, механізмів структурних змін ГМШ, що призводять до їх самоорганізації.

Список літератури:

1. Крылов К.А., Хаймзон М.Е. Долговечность узлов трения самолетов. – М.: Транспорт, 1976. – 184 с.
2. Влияние загрязненности смазочной жидкости на работу подшипника. Filtration requirements for journal bearings exposed to different contaminant levels. Duchowski J.K., Wetzstein W.M., Dmochowski M. Tribology and Lubrication Engineering: 14 International Colloquium Tribology, Ostfildern, Jan. 13-15, 2004. Vol. 2. Ostfildern: Techn. Akad. Esslingen. 2004, с.991-994. Англ.
3. Венцель С.В. Смазка и долговечность двигателей внутреннего сгорания. – К.: Техніка, 1977. – 208 с.
4. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Химия, 1979. – 240 с.
5. Березняков А.И. О влиянии полярных молекул смазочного материала на силу трения // Трение и износ. – 2001. – Т.22. - №5. – С. 513-519.
6. Березняков А.И., Венцель Е.С. О взаимосвязи интенсивности изнашивания с материальными характеристиками трибоузла // Трение и износ. – 1995. – Т.16. - №5. – С. 815-827.
7. Старение смазочных материалов /Кимисима Таканао// Пуранто эндзиния = Plant Eng. . - 1990. - 22, N 7. - с. 64-68. - Яп.
8. Билякович О.Н. Влияние загрязненности трансмиссионных масел на смазочное действие и состояние поверхностных слоев трибосопряжений: Дис... канд. техн. наук: 05.02.04 / Киевский международный ун-т гражданской авиации. – К.: 1996. – 273 с.
9. Baldwin В.А. The effect of base oil viscosity on simulated valve train wear // ASLE Transactions. 1981. V.24. №1. P. 42-48.
10. Кудрин А.П., Маленко В.И., Лабунец В.Ф. Влияние смазочного материала на формирование вторичных структур в условиях неустановившихся режимов трения // Проблеми трибології. – 2006. – №1. – С.158-163.
11. Маленко В.И. Кінетика зміни складових мастильного шару при терті контактних поверхонь в екстремальних умовах // Вісник НАУ. – 2004. – №4. – С.69-74.
12. Безконтактний тривимірний профілометр: Патент на корисну модель № 39972 Україна, G01B 9/02; 11/30 / С.Р. Ігнатович, І.М. Закієв, В.І. Закієв, С.С. Юцкевич (Україна). – u200809989; Заявл. 01.08.2008; Опубл. 25.03.2009, Бюл. № 6. – 3с.: 2 іл.
13. Костецкий Б.И., Колесниченко Н.Ф. Качество поверхности и трение в машинах. – К.: Техніка, 1969. – 216 с.
14. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. В 2-х кн. Кн. 2. / Под ред. И.В. Крагельского и В.В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1979. – 358 с.
15. Басинюк В.Л. Выбор смазочных материалов при проектировании динамически нагруженных прямозубых зубчатых передач // Трение и износ. – 2004. – Т.25. – №3. – С.276-285.
16. Математична модель визначення найбільш вагомих відбраковочних показників моторних та трансмісійних олів: Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 41870 Україна / М.Ф. Дмитриченко, О.М. Білякович, А.М. Савчук, В.І. Лізанець (Україна). – Дата реєстрації 19.01.2012. – 17с.