

УДК 621.899(045)

О.М. БІЛЯКОВИЧ<sup>1</sup>, Л.В. КУРБЕТ<sup>2</sup>, К.В. БОГАЙСЬКА<sup>2</sup><sup>1</sup> Національний транспортний університет, Київ, Україна<sup>2</sup> Національний авіаційний університет, Київ, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАСТИЛЬНОЇ ДІЇ ТРАНСМІСІЙНИХ ОЛИВ В УМОВАХ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРИ СТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМАХ ТЕРТЯ

Представлено аналіз результатів дослідження динаміки зміни параметрів мастильної дії оливи протягом тривалого періоду експлуатації в агрегатах трансмісії підконтрольних транспортних засобів (ПТЗ) при сталих режимах тертя. Досліджувалася трансмісійна мінеральна олива ТМ-5-18 (Азмол ТАД-17і). Відбір проб здійснювався від 0 до 90000 км пробігу з інтервалом 10000 км. Дослідження параметрів мастильної дії трансмісійних олив проводилося з допомогою моделювання стаціонарного режиму тертя на лабораторній установці СМЦ-2.

**Ключові слова:** трансмісійні оливи, якісний стан, граничний мастильний шар, динаміка зміни параметрів мастильної дії, стаціонарний режим тертя, структурна пристосованість, самоорганізація трибосистем.

### Вступ

На сьогоднішній день на ринку України представлений різноманітний асортимент моторних і трансмісійних олив як вітчизняного, так і закордонного виробництва. Судячи з рекламної інформації більшість марок мастильних матеріалів мають високі службові властивості та призначені для використання у важко навантажених вузлах тертя, однак при цьому не вказується періодичність їх заміни, що істотно ускладнює підбір останніх для конкретних умов експлуатації.

Безумовно період експлуатації мастильного матеріалу до повної заміни залежить від його властивостей, конструкції вузла тертя, умов і режимів експлуатації.

У цьому зв'язку істотну роль відіграють питання раціонального підбору і застосування олив у трибосполученнях, встановлення обґрунтованих термінів їх ресурсу, так як властивості останніх є одним з найважливіших факторів, що впливають на надійність і довговічність пар тертя.

Трансмісійні оливи працюють в умовах високих питомих навантажень та при швидкостях ковзання в широкому діапазоні температур. Тому вони повинні мати особливо міцну масляну плівку. Окрім попередження стирання, задиру, утомлюваного викришування поверхонь тертя, трансмісійні оливи повинні відповідати загальним вимогам, які ставляться до мастильних матеріалів.

Як відомо, до основних параметрів, що визначають ефективність мастильної дії (МД) олив в умо-

вах граничного режиму мащення, можна віднести значення товщини граничного мастильного шару (ГМШ), коефіцієнта тертя й об'ємної температури оливи, самим же інформативним з вищевказаних параметрів є значення товщини ГМШ [1 – 3].

Метою досліджень, аналіз результатів яких надано у даній статті, було визначення динаміки зміни параметрів мастильної дії олив протягом тривалого періоду експлуатації в агрегатах трансмісії підконтрольних транспортних засобів (ПТЗ) при сталих режимах тертя.

### Експериментальна частина

У якості модельного мастильного середовища була обрана трансмісійна мінеральна олива ТМ-5-18 (Азмол ТАД – 17і) як один з найбільш розповсюджених у нашій країні сортів трансмісійних олив, що застосовуються у вузлах і агрегатах трансмісії транспортних засобів загального призначення та авіаційної наземної техніки.

Для більш глибокого вивчення параметрів МД в умовах застосування олив різної якості, відбір проб ТМ-5-18 був здійснений за спеціально розробленою програмою триботехнічних випробувань у залежності від величини пробігу ПТЗ: від 0 до 90000 км пробігу з інтервалом 10000 км.

Доцільність застосування несталого режиму тертя і мащення дослідних зразків при проведенні випробувань, який був реалізований авторами у попередніх дослідженнях, пояснюється можливістю інтенсифікації процесів формування ГМШ саме в

умовах нестационарних режимів роботи зубчатих передач (в умовах пусків-зупинок), чого досягти при сталих режимах випробувань достатньо складно. Проте для більш об'єктивного дослідження параметрів мастильної дії трансмісійних олив із різним залишковим ресурсом ряд експериментальних досліджень було доцільно провести при сталих значеннях обертів двигуна лабораторної одноконтанної установки СМЦ-2 в умовах моделювання стаціонарного режиму тертя.

Необхідність проведення експериментальних робіт при сталих навантажувально-температурних та швидкісних режимах випробувань обумовлена намаганням оцінити умови формування граничних мастильних шарів в агрегатах машин з максимальною об'єктивністю, так як і стаціонарні, і нестационарні режими тертя в останніх реалізуються у рівній мірі. Крім того, саме стаціонарні умови роботи є найбільш поширеними при експлуатації агрегатів трансмісій певних типів транспортних засобів, зокрема, автобусів та вантажних автомобілів міжміського та стаціонарні умови роботи є найбільш поширеними міжнародного сполучення. На рис. 1 представлено графічні залежності значень товщини граничних мастильних шарів від тривалості випробувань у середовищі трансмісійної оливи ТАД-17і у різних якісних станах.

Характер проходження отриманих кривих знаходить підтвердження у попередніх роботах авторів [4], де надається його пояснення при дослідженнях у середовищі інших мастильних матеріалів. Подібна наступність результатів випробувань підтверджує коректність обраних умов експериментальних досліджень та свідчить про спільність закономірностей формування ГМШ у різних трансмісійних оливах при сталих режимах тертя.

В усіх випадках протягом перших 10...20 хвилин випробувань спостерігалось зниження товщини ГМШ, що пов'язано з вигладжуванням мікронерівностей, які є на зразках завдяки попередній технологічній обробці їх поверхонь і, як наслідок, зі зближенням дослідних роликів. По досягненні мінімуму, завдяки адсорбційним процесам, спостерігалось зростання товщини граничного мастильного шару і наступна її стабілізація. Як видно з рисунку, процес приробітку для всіх шести якісних станів трансмісійної оливи закінчувався в інтервалі від 80 до 90 хвилин.

З позицій теорії структурної пристосовуваності цікавим є факт присутності ефекту тимчасового погіршення параметрів мастильної дії при аналізі сталих значень товщини поліфазного граничного шару, сформованого по завершенні першого етапу (від 0 до 30000 км пробігу ПТЗ). При подальшому зростанні значень пробігу ПТЗ спостерігалось збільшення  $h_{\text{пф}}$ , причому, у випадку використання оливи, що

попередньо використовувалась у трансмісіях протягом 50000 км пробігу, значення товщини ГМШ майже на 10% перевищували базові значення (за базові значення  $h_{\text{пф}}$  приймаємо значення, що зафіксовані при випробуваннях у оливі в стані постачання), а при випробуваннях у оливі після 90000 км пробігу ПТЗ перевага значень  $h_{\text{пф}}$  над базовими становила вже 23%.

Отже, закономірність зміни сталих значень товщини поліфазного граничного мастильного шару у залежності від величини пробігу режиму підконтрольних транспортних засобів, зафіксовані при випробуваннях в умовах стаціонарного тертя (рис.2), аналогічна отриманій для режиму пусків-зупинок – в обох випадках має місце тимчасове погіршення мастильної дії внаслідок фізико-хімічних процесів, що призводить до виникнення перехідного якісного стану оливи у період їх довготривалого використання в агрегатах трансмісій.

Як відомо, між величинами товщини ГМШ та коефіцієнта тертя існує певна кореляція – зі збільшенням значень товщини граничних мастильних шарів значення  $f$  зменшуються [5].

Дана закономірність знаходить підтвердження у результатах досліджень, що проводились авторами: отримані після випробувань у досліджуваних мастильних середовищах із різним залишковим ресурсом графічні залежності значень коефіцієнту тертя від тривалості експерименту були розташовані у порядку, зворотньому розташуванню кривих для значень товщини ГМШ.

У період приробітку (80-90 хвилин) значення  $f$  плавно зменшувались, після його закінчення – стабілізувались (рис. 3).

Виходячи з аналізу графічних залежностей, представлених на рис. 1, значення товщини ГМШ впродовж приробіткового періоду випробувань зменшувались до певного мінімуму, після чого зростали до моменту стабілізації, при цьому значення коефіцієнту тертя зменшувались протягом усього періоду приробітку також стабілізуючись по його завершенні (рис.3). Даний аналіз є підтвердженням суттєво більшої чутливості значень товщини граничних мастильних шарів до зміни умов та режимів тертя, фізико-хімічних перетворень у контактній зоні трибосполучень, що дає підстави розглядати товщину ГМШ як один з найголовніших параметрів мастильної дії досліджуваних олив.

Падіння значень  $f$ , незважаючи на тимчасове погіршення мастильної дії досліджуваної оливи за рахунок зменшення товщини ГМШ на першому етапі приробітку, на погляд авторів, є проявом процесів самоорганізації трибосистеми, яка трансформується у процесі випробувань у енергетично вигідному напрямку.

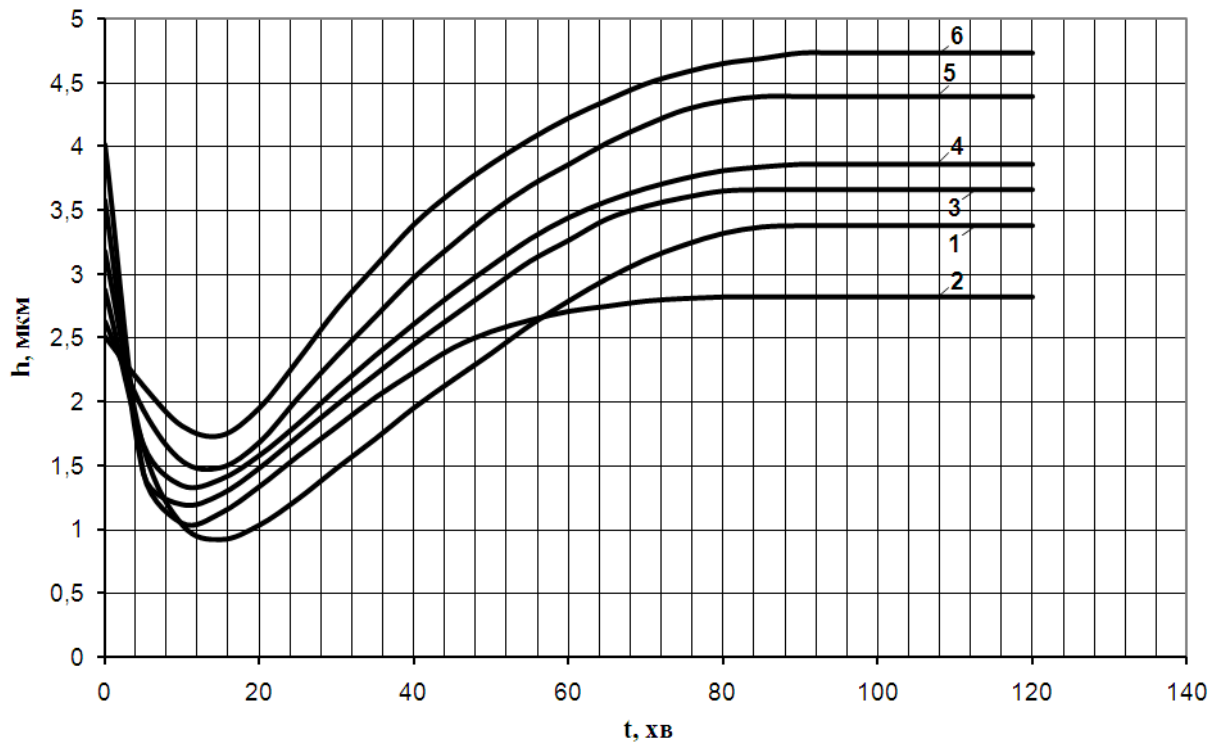


Рис.1. Залежність товщини граничного мастильного шару від тривалості випробувань (стаціонарний режим тертя, олива – ТАД-17і, зразки – сталь 40Х,  $T_{об}=90^{\circ}\text{C}$ ) при використанні оливи у стані постачання (1) та після пробігу ПТЗ: 2 – 30000 км; 3 – 50000 км; 4 – 70000 км; 5 – 80000 км; 6 – 90000 км

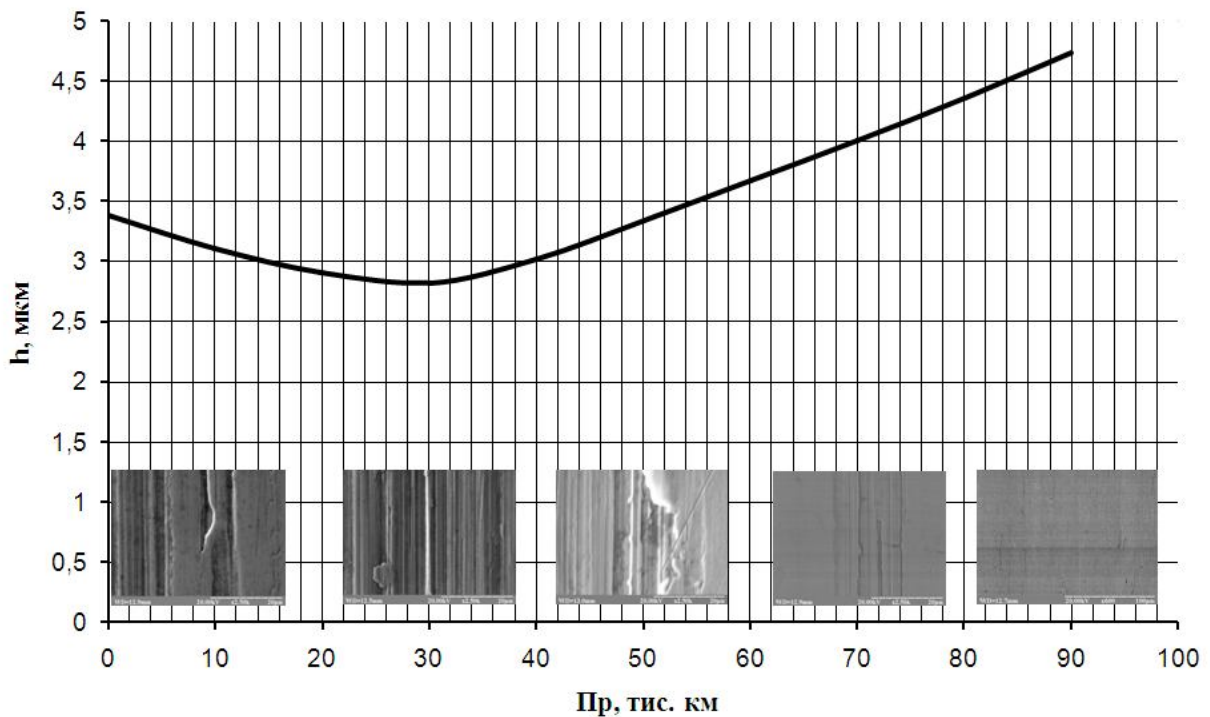


Рис.2. Залежність значень товщини поліфазного граничного мастильного шару від величини пробігу підконтрольних транспортних засобів (стаціонарний режим тертя, олива – ТАД-17і, зразки – сталь 40Х,  $T_{об} = 90^{\circ}\text{C}$ )

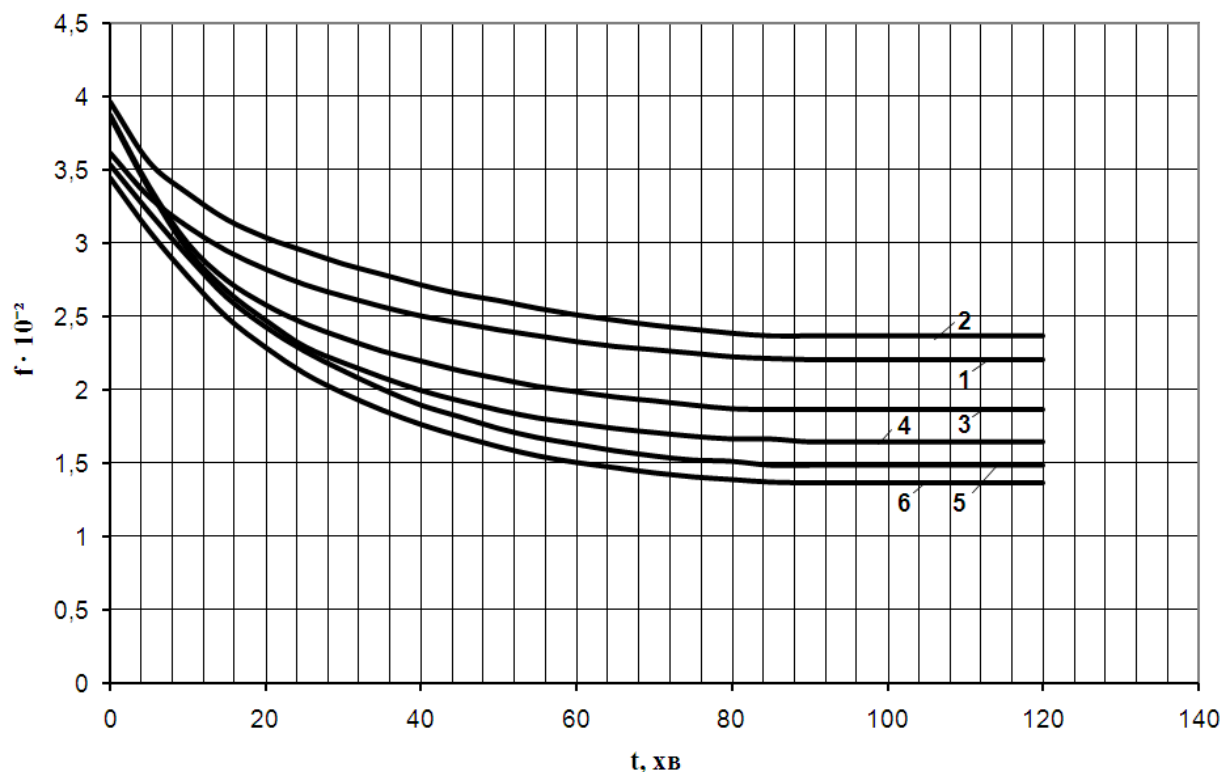


Рис.3. Залежність значень коефіцієнту тертя від тривалості випробувань (стаціонарний режим тертя, олива ТАД-17і, зразки – сталь 40Х,  $T_{06}=90^{\circ}\text{C}$ ) при використанні олив у стані постачання (1) та після пробігу ПТЗ: 2 – 30000 км; 3 – 50000 км; 4 – 70000 км; 5 – 80000 км; 6 – 90000 км

### Висновок

При збільшенні термінів служби оливи вважається, що експлуатаційна надійність агрегатів і систем машин знижується. У той же час, сучасні дослідження свідчать що експлуатаційні властивості олив навпаки поліпшуються.

Оцінка закономірностей формування та деградації поліфазних граничних шарів, а в перспективі – механізмів їх структурних змін дозволять оптимізувати терміни раціонального використання мастильних матеріалів, збільшити ресурс вузлів та агрегатів машин.

### Література

1. Сіренко, Г.О. Зношування твердих тіл при наявності на їх поверхнях наноплівок мастильних матеріалів [Текст]/ Г.О. Сіренко, О.В. Кузишин // Фізика і хімія твердого тіла. – 2006. – Т. 7, № 3. – С. 593 – 600.

2. Айнбіндер, С.Б. О механизме граничного трения [Текст]/С.Б. Айнбіндер // Трение и износ. – 1983. – Т.4, №1. – С. 5 – 11.

3. Смуругов, В.А. О влиянии поверхности полимеров на структуру граничных слоев масел [Текст]/ В.А. Смуругов, И.В. Деликатная // Трение и износ. – 1988. – Т.9, №4. – С. 739 – 742.

4. Билякович, О.Н. Влияние загрязненности трансмиссионных масел на смазочное действие и состояние поверхностных слоев трибосопряжений: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.04 / Билякович Олег Николаевич; Киевский международный ун-т гражданской авиации. – К.: 1996. – 273 с.

5. Кузьмин, И.С. Мелкомодульные цилиндрические зубчатые передачи: Расчет, конструирование, испытание [Текст]/ И.С. Кузьмин, В.Н. Ражиков. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 272 с.

Надійшла в редакцію 30.05.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. кафедри технологій аеропортів О.А. Тамаргазін, Національний авіаційний університет, Київ.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМАЗЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ  
ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ПРИ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМАХ ТРЕНИЯ**

*О.Н. Билякович, Л.В. Курбет, Е.В. Богайская*

Приведен анализ результатов исследования динамики изменения показателей смазывающего действия масел на протяжении длительного периода эксплуатации в агрегатах трансмиссий подконтрольных транспортных средств (ПТС) при постоянных режимах трения. Исследовалось трансмиссионное минеральное масло ТМ-5-18 (Азмол ТАД-17i). Отбор проб осуществлялся начиная с 0 до 90000 км пробега с интервалом в 10000 км. Изучение параметров смазывающего действия трансмиссионных масел проводилось с использованием моделирования стационарного режима трения на лабораторной установке СМЦ-2.

**Ключевые слова:** трансмиссионные масла, качественное состояние, граничный смазывающий слой, динамика изменения параметров смазывающего действия, стационарный режим трения, структурная приспособляемость, самоорганизация трибосистем.

**RESEARCH OF LUBRICATION EFFECT EFFICIENCY OF THE TRANSMISSION OILS  
IN THE CONDITIONS OF THE PROTRACTED EXPLOITATION  
AT STATIONARE MODES OF FRICTION**

*O.N. Bilyakovich, L.V. Curbet, K.V. Bogayskaya*

It was performed the research results analysis of studying the dynamics of changes in parameters action of oils during protracted exploitation period in aggregates controlled by vehicle transmissions (VT) at constant friction modes. It was investigated transmission mineral oil ТМ-5-18 (Азмол ТАД-17i). Sampling was carried out from 0 to 90,000 km of run at an interval of 10,000 km. The study of the parameters on lubricating action of transmission oils was carried out using steady-state modeling of friction in a laboratory setting СМЦ-2.

**Keywords:** transmission oils, high-quality state, the boundary lubricant layer, patterns of change the parameters of the lubrication, steady-state of friction, structural adaptability, self-organization tribosystems.

**Билякович Олег Миколайович** – канд. техн. наук, докторант Національного транспортного університету, Київ, Україна, e-mail: oleg65@voliacable.com.

**Курбет Лідія Вікторівна** - асистент кафедри технології аеропортів Національного авіаційного університету, Київ, Україна, e-mail: sarmatka2006@ukr.net.

**Богайська Катерина Володимирівна** – аспірант кафедри технології аеропортів Національного авіаційного університету, Київ, Україна, e-mail: katemol-69@mail.ru.