

*В. Б. Мельник, канд. техн. наук, доц.,
Д. В. Леусенко, інженер*

МЕТОД ОЦІНКИ СКЛАДОВИХ ЗМАЩУВАЛЬНОГО ШАРУ В ЛОКАЛЬНОМУ КОНТАКТІ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ

Національний авіаційний університет

*Викладені результати дослідження змащувальних шарів,
утворених редукторними маслами. Описана методика роз-
дільного вимірювання товщини змащувальних шарів різного
походження.*

Стан проблеми. Сучасні вимоги до надійності та довговічності трибосистем пов'язані з якісним поліпшенням змащувальних матеріалів, їх складових і обумовлені поглибленим аналізом стану змащувального середовища та контактної поверхні металу в процесі тертя. Разом з такими загальноприйнятими поняттями, як матеріали контактних поверхонь, хіміко-термічна обробка, швидкісний, навантажувальний та температурний режими мастильні матеріали розглядаються як конструкційний елемент трибо-механічної системи.

У сучасній літературі, на жаль, відсутня єдина точка зору щодо характеру змащувальної дії, що, ймовірно, пов'язано з відсутністю загальної теорії змащення, яка характеризувала б усі існуючі режими змащення – від граничного до гідродинамічного, з урахуванням багаточисельних перехідних зон, структури змащувального шару, його реологічних характеристик [2]. Усі перераховані чинники істотно впливають на антифрикційні та противозношувальні властивості пар тертя. Кінетика процесу зношування пов'язана зі станом змащувального шару і його найважливішою характеристикою – товщиною мастильного шару. Відомо, що відмова трибомеханічної системи визначається двома чинниками: необхідним – руйнування змащувального шару і додатковим – руйнування контактної поверхні. Але якщо питання, пов'язані з руйнуванням поверхні тертя достатньо вивчені і описані в літературі, то поведінка тонких змащувальних шарів напередодні та в момент руйнування залишається ще багато в чому дослідженою, що обумовлено складністю моделювання цих процесів.

Мета дослідження – підвищення достовірності вимірювання товщини змащувального шару за рахунок роздільного вимірювання граничної та гідродинамічної складових.

Методика досліджень. Поставлена в роботі мета досягається за рахунок того, що випробування проводять в режимі часто повторювальних циклів: пуск – усталений режим – зупинка, причому сумарну товщину змащувального шару вимірюють на усталеному режимі; його граничну складову на стоянці; а гідродинамічну визначають як різницю цих вимірювань [1]. Суть метода ґрунтується на тому, що на стоянці, при швидкості рівній 0, існування гідродинамічної складової змащувального шару неможливо. Метод реалізується наступним чином:

Пару тертя навантажують і розміщують в масляній ванні, задають досліджуваній режим нестационарності: пуск – усталений режим – зупинка, вимірюють методом падіння електричної напруги сумарну товщину змащувального шару на усталеному режимі, тим же методом вимірюють граничну складову товщини змащувального шару на стоянці, а гідродинамічну складову визначають як різницю цих вимірювань. Одночасно вимірюють момент тертя (пусковий та усталений) та об'ємну температуру в масляній ванні, вимірювання проводять з однаковим часовим інтервалом.

Дослідження проводились на машині тертя СМЦ-1, зразки зі сталі 40Х, HRC – 30-32, $R_a = 0,3$ мкм, $\sigma_n = 700$ МПа, проковзування $\epsilon = 20$ %. Режим випробувань: розгін до заданої швидкості ($V\Sigma = 4,23$ м/с) на протязі 3 с, робота з постійною швидкістю – 10 с, гальмування – 3 с, стоянка – 5 с. Цикли розгін – усталений режим – гальмування – стоянка слідує один за одним на протязі шести годин.

Результати дослідження. На рис. 1 наведений графік результатів вимірювання складових змащувального шару в режимі: пуск – усталений режим – зупинка для мастил ПМ-10 та ІТД-220; на рис. 2 – осцилограми вимірювання товщини змащувального шару та моменту тертя за один цикл після шестигодинної роботи.

Крива 1 на рис. 1 показує кінетику змінення середньої величини сумарної товщини змащувального шару, визначену на усталеному режимі ($V\Sigma = 4,23$ м/с) при пусках – зупинках для масла ПМ-10, крива 2 – теж саме для масла ІТД-220.

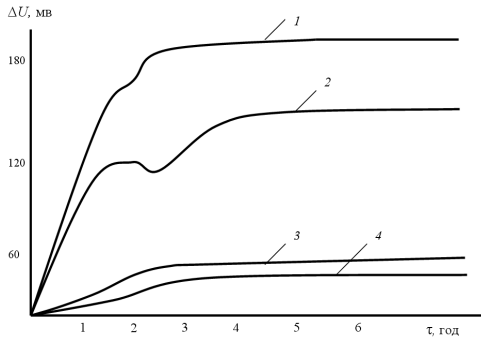


Рис. 1. Товщина складових змащувального шару

Аналіз кривих показує, що при даних умовах тертя на маслі ІПМ-10 формується більш товстий змащувальний шар ($\Delta U = 190$ мВ, що при перерахунку за тарировочними залежностями складає $h_{уст} = 0,95$ мкм) ніж на маслі ІГД-220 ($\Delta U = 150$ мВ або $h_{уст} = 0,75$ мкм).

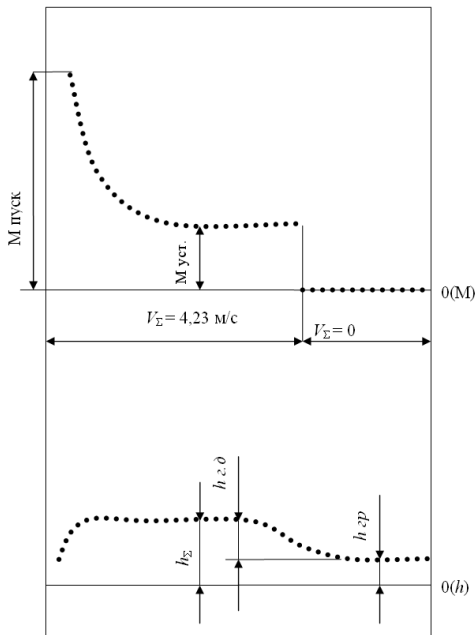


Рис. 2. Осцилограми зміни товщини змащувального шару та момента тертя за один цикл після шестигодинної роботи

Криві 3 та 4 показують кінетику змінення середньої величини граничної складової змащувального шару, вимірної на стоянці ($V\Sigma = 0$) для досліджуваних мастил. На маслі ПМ-10 формується більш товстий граничний змащувальний шар (крива 3, $\Delta U = 50$ мВ або $h_{уст} = 0,25$ мкм) ніж на ІТД-220 (крива 4, $\Delta U = 0,30$ мВ або $h_{уст} = 0,15$ мкм). Товщина гідродинамічної складової змащувального шару визначається за формулою:

$$h_{г.д} = h_{сум.} - h_{гр} \quad (1)$$

Для досліджуваних в даних умовах мастил гідродинамічна складова дорівнює для масла ПМ-10 $h = 0,95 - 0,25 = 0,75$ мкм; для масла ІТД-220

$$h = 0,75 - 0,15 = 0,60 \text{ мкм.}$$

Висновок. Позитивний ефект від застосування запропоновано-го метода обумовлений підвищенням достовірності оцінки властивостей мастил, що досягається за рахунок визначення товщини складових плівок, які мають різні змащувальні властивості.

Список літератури

1. *А.с. СССР №1718031. Способ оценки смазывающих свойств масел. /В.Б.Мельник, М.В.Райко, В.В.Тыркаев.– Заявл. 05.02.90; Опубл. 07.03.92, БИ №9.–3с.*

2. *Райко М.В., Тривайло М.С., Мельник В.Б., Мичник Б.Х.* Реализация гидродинамического и граничного смазочных процессов в зацеплении зубьев./ Тезисы докладов 5-й ВНТК «Контактна гідродинаміка».–Самара, 1991 г.

Мельник В. Б., Леусенко Д. В. Метод оценивания составляющих смазывающего слоя в локальном контакте зубчатых передач // Проблемы трения и изнашивания: наук.-тех. зб. –К.: НАУ, 2012 – Вип. 58. –С.165–168.

Изложены результаты исследований смазывающих слоев, образованных редуكتورными маслами. Описана методика раздельного измерения толщины смазывающих слоев различного происхождения.

Рис. 2, список лит.: 2 найм.

Method of assessment components lubricating layer in local contacts gears.

The results of the study lubricating layer formed gear oils. Described method of measuring the thickness of a separate lubricating layers of different origin.

Ключові слова: товщина, змащувальний шар, гранична та гідродинамічна складова, нестационарний режим, пуск, усталений режим, зупинка, момент тертя.

Стаття надійшла до редакції 2.11.2012