

УДК 621.891(043.2)

К.К. Бадир

ПРИБОРЫ ТРЕНИЯ С ОПТИЧЕСКИМ КАНАЛОМ СЪЕМА ИНФОРМАЦИИ О МЕХАНИЗМЕ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

Разработанные новые приборы трения скольжения в линейном контакте АСБ-01 и АСБ-02 с оптическим каналом съема информации о механизме трения позволяют визуально наблюдать за течениями смазки в областях входа модельного вала в контакт и выхода из него. Такая новая информация дает возможность изучать изменения агрегатного состояния смазки, наблюдать зарождение вторичных течений, турбулентность и трибокавитацию.

Ключевые слова: линейный контакт, оптический канал съема информации, вторичные течения, трибокавитация
Рис. 3. Лит. 4.

К.К. Бадир

ПРИЛАДИ ТЕРТЯ З ОПТИЧНИМ КАНАЛОМ ЗЧИТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО МЕХАНІЗМ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

Розроблені нові прилади тертя ковзання з лінійним контактом АСБ-01 та АСБ-02 з оптичним каналом зчитування інформації про механізм тертя, які дозволяють візуально спостерігати за течією масла в областях входу модельного вала в контакт і виходу з нього. Така нова інформація дає можливість вивчати зміни агрегатного стану масла, спостерігати утворення вторинних течій, турбулентність і трибокавітацію

Ключові слова: лінійний контакт, оптичний канал знімання інформації, вторинні течії, трибокавітація

K. Badyr

AUTOMATIC FRICTION WITH THE OPTICAL CHANNEL READ INFORMATION ABOUT THE MECHANISM OF SLIDING FRICTION

The new devices with linear friction contact ASB-01 and ASB-02 from the optical channel to read information about the mechanism of friction, which can visually observe the flow of oil in the region is a model of the shaft in contact and out of it. This new information makes it possible to study changes in the physical state of oil, observe the formation of secondary currents, turbulence and tribokavitatsiyu

Keywords: linear contact, optical channel data retrieval, secondary flow, tribokavitatsiya

Постановка проблеми. Трибосистема, наприклад радіальний подшипник скольження (80% всіх вузлів тертя в техніці) являється високо динамічною системою, хоча складається лише з трьох елементів (вал або шип, втулка або подшипник і середовище) і реалізує тертя під впливом всього двох зовнішніх факторів: сила стиснення двох поверхностей в контакті і швидкість їх відносного скольження. Для спостереження цих або інших динамічних явищ в складних багатофакторних системах, до яких належить трибосистема, розробляється і створюється спеціальна дослідницька апаратура, що дозволяє з усього різноманіття протікаючих процесів виділити ті основні, які представляють науковий інтерес. Однак багато явищ, які підлягають вивченню, зазвичай приховані від прямого спостереження в силу непрозорості елементів механічних систем конструкцій, всередині яких протікають ті або інші процеси. До таких систем належать вузли тертя або трибосистеми. Деталі вузлів тертя машин традиційно виготовляються з непрозорих різних сталевих конструкційних матеріалів і сплавів кольорових металів, їх трущіться поверхності утворюють трибоконтат, де і протікає вездешнє явище природи – тертя, ретельно приховане від прямих спостережень.

Природа і фізика тертя по сей день являються предметом наукових дискусій. Для їх вивчення розроблено багато лабораторних приборів, з допомогою яких дослідники перевіряють висувані нові ідеї і гіпотези, шукають ті або інші експериментальні закономірності, моделюють конкретні проблемні трибосистеми з метою підвищення їх ефективності. Завдяки таким лабораторним машинам тертя отримують різні залежності, аналізують які, формують нові положення про фізичні процеси, протікаючі при терті. На їх основі виникають і розвиваються нові теорії, озброївшись якими інженер міг би конструювати трибосистему з урахуванням умов експлуатації.

Аналіз літературних джерел. Сьогодні з впевненістю можна констатувати той факт, що розробка і створення сучасних нових машин і механізмів практично в усіх конструкторських бюро відбувається традиційно: модифікація добре працюючих в експлуатації виробів, створених на основі багаторічних власних емпіричних результатів лабораторно-стендових і ходових випробувань, шляхом багаторазових стендових проб і помилок. Трибосистеми, як невід'ємні і ключові елементи конструкцій, добре працюючі при

длительной эксплуатации в предыдущих изделиях, также претерпевают некоторую модификацию, но не принципиальную. Другими словами, современные теоретические разработки трибологии практически не используются на практике, они носят в основном пояснительный и в лучшем случае - прогнозный характер. Ранее, лет сорок назад, авторы теорий трения, например, контактной гидродинамики смазки деталей машин [1], сетовали на отсутствие средств быстрого расчета контактных напряжений с учетом шероховатостей поверхностей, физико-химических свойств конструкционных и смазочных материалов и других факторов из-за громоздкости формул. Сейчас имеется быстродействующая вычислительная техника и современная математическая программная среда, которые позволяют с лёгкостью производить самые сложные расчеты параметров практически любых динамических процессов, в том числе и процессов трения в трибосистемах, практически мгновенно. Однако на практике многочисленные теоретические наработки в области трения и изнашивания фактически не используются. На наш взгляд, это связано с недостаточно полным представлением о самой природе процесса трения.

Таким образом, в трибологии граничной смазки, также как и в других ее разделах (эласто- и гидродинамические режимы трения), контактные течения граничных слоёв не рассматривались из-за отсутствия экспериментальных сведений о них.

Существующие известные теории, гипотезы и положения о трении и изнашивании трибосистем стали классическими и не подвергаются сомнению. На их основе строились соответствующие методики и техника экспериментов, которые полностью обеспечивали экспериментальное подтверждение соответствующих теорий. Поэтому получаемые отклонения результатов экспериментов от теоретических обоснований относились к разряду ошибок, погрешностей измерений и пр., а экспериментальная техника исследований создавалась традиционно: машины трения для определения толщины смазочного слоя, приборы трения для измерения реологии смазочных материалов, приборы определения электрических свойств жидкостей в условиях сжатия и т.д. К таким классическим приборам можно отнести одну из первых разработок [2]. Все последующие машины трения, по сути, были модификациями этой машины, где толщина смазочного слоя измерялась по величине электрического пробоя, разности электрических потенциалов и пр., то есть косвенно. Возможность исследования контактного давления и течений в смазочной среде на таких приборах не предусматривалась. Проникнуть в контакт и сканировать по нему узкими приёмными каналами, которые мгновенно засоряются продуктами износа, для измерения давления действительно весьма сложная инженерная задача. Но главной причиной практического отсутствия исследований гидродинамики в контакте трибосистем всё же является непоколебимость авторитетных теорий трения, которые не учитывали течения граничных слоёв смазки в трибоконтакте, кроме как перемещение молекул, адсорбированных на трущихся поверхностях вместе с поверхностями. По сей день считается, что давление в смазочном слое в зоне контакта двух поверхностей полностью отражает и соответствует контактным напряжениям на поверхностях, рассчитываемым по Герцу и всегда выше атмосферного, что не совсем верно.

Изложение основного материала статьи. Новая компрессионно-вакуумная гипотеза природы трения в условиях граничной смазки [3] опирается на экспериментальные данные, полученные при трении стальных поверхностей с нанометрическим уровнем шероховатости, где выявлены контактные струйные течения смазки, направленные в обратную сторону скольжения, как и любая другая нуждается в дополнительных экспериментальных доказательствах. Схема и внешний вид разработанной и изготовленной лабораторной машины трения скольжения АСБ-01 с физически прозрачными деталями модельной трибосистемы представлены на рис. 1. В качестве модели цапфы подшипника скольжения использовался плоский параллелепипед, изготовленный из органического стекла, каждая грань которого полировалась до полной прозрачности. Разновысотность неровностей нижней рабочей поверхности этого параллелепипеда после полировки не превышала 20 нм. В качестве модели шипа (вала подшипника скольжения) использовался диск наружным диаметром 80 мм и толщиной 9 мм, изготовленный из фторопласта-4. Этот образец закреплялся на валу, установленном на двух опорах качения в корпусе, и приводился во вращение двигателем постоянного тока через планетарный редуктор и центральное шлицевое соединение. Рабочая, то есть трущаяся поверхность, образующая цилиндр фторопластового ролика (контробразца), шлифовалась, без разборки привода и без снятия ролика с опор. Это сводило радиальные и осевые биения рабочей поверхности до уровня таковых вала, установленного на двух разнесённых шарикоподшипниках (не более 0,1 мкм). Разновысотность неровностей рабочей поверхности была менее 50 нм.

Контакт рабочей поверхности, образующей цилиндр ролика, при первом соприкосновении с плоской гранью параллелепипеда с помощью регулировочных винтов устанавливался на верхней поверхности ролика так, чтобы визуально образовывался равномерный контакт. Подача модельной смазочной среды в зону контакта производилась из заполненной ею ванночки, в которую была погружена нижняя часть ролика путём подхвата поверхностями вращающегося ролика. Так как прозрачный параллелепипед располагался сверху над роликом, то это позволяло легко наблюдать контактные течения при реализации трения скольжения.

подавляющее большинство исследовательских машин трения традиционно изготавливается так, чтобы зона контакта была полностью погружена в смазочную среду, которая своим объёмным гидромеханическим течением при трении скрывает от прямого наблюдения течения, возникающие непосредственно в зоне контакта. Кроме этого практически все реальные трибосистемы скольжения реализуют контакт в нижнем секторе вала. Для исследований контактной гидродинамики подхватывающая схема подачи рабочей среды и верхнее положение контакта, хотя и редко встречающаяся на практике, более привлекательна, чем традиционное нахождение контакта внизу и его полное погружение в среду. Поэтому, кроме прибора трения АСБ-01, нами был разработан и изготовлен лабораторный прибор АСБ-02 с нижним положением контакта, погружаемого в смазочную среду.

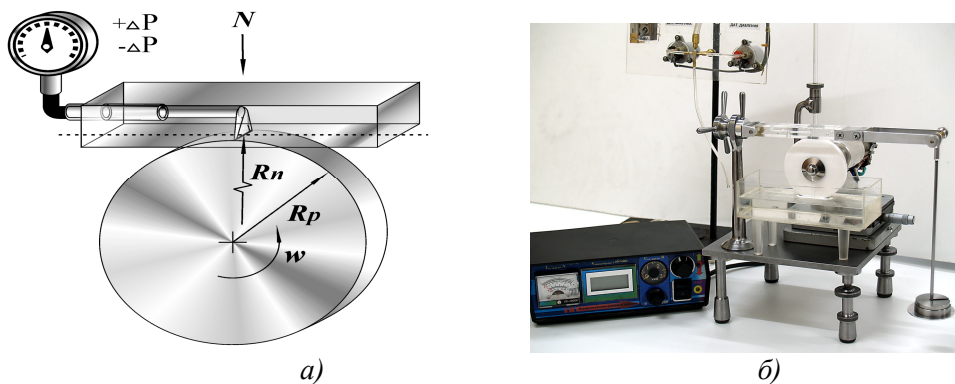


Рис. 1. Схема (а) и внешний вид (б) машины трения скольжения АСБ-01 с физически прозрачной трибосистемой

На рис. 2 показаны линии тока жидкости в контактной зоне при трении скольжения ролика по плоской грани параллелепипеда и образование кавитационных полостей – трибокавитация.

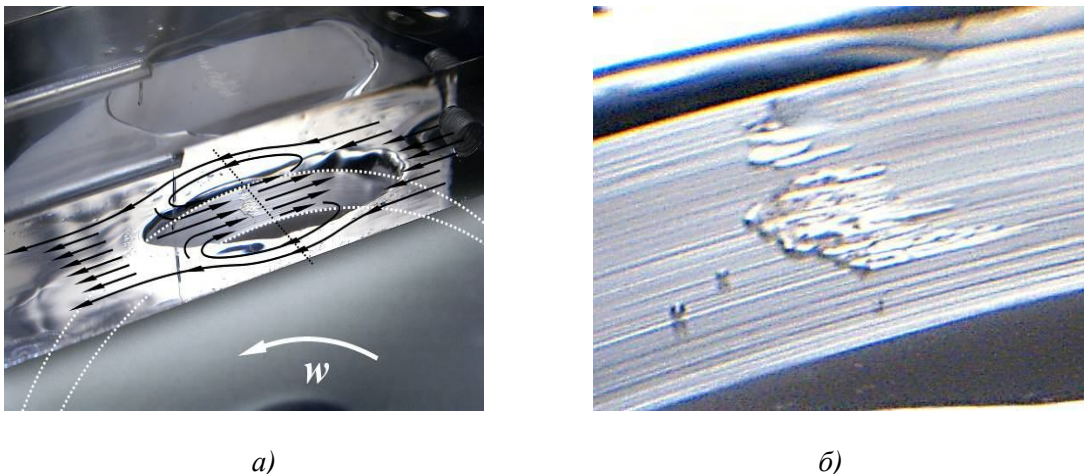


Рис. 2. Линии тока смазочной среды (а) и трибокавитация (б), наблюдаемые в динамике при трении на лабораторном приборе АСБ-01 с оптическим каналом съема информации

На рис. 3 представлены данные распределения давлений, измеряемых приемным устройством, изготовленным внутри прозрачного образца с выходом на рабочую поверхность, позволяющие получить экспериментальные зависимости влияния исходных параметров трибосистемы на силу сопротивления движению, что оценивается измерительными приборами.

Для изготовления каналов измерения давления прозрачный элемент трибосистемы является наиболее приемлемым, так как позволяет производить непрерывный мониторинг состояния приемного устройства и каналов на предмет отсутствия их загрязнений, которые приводят к дросселированию.

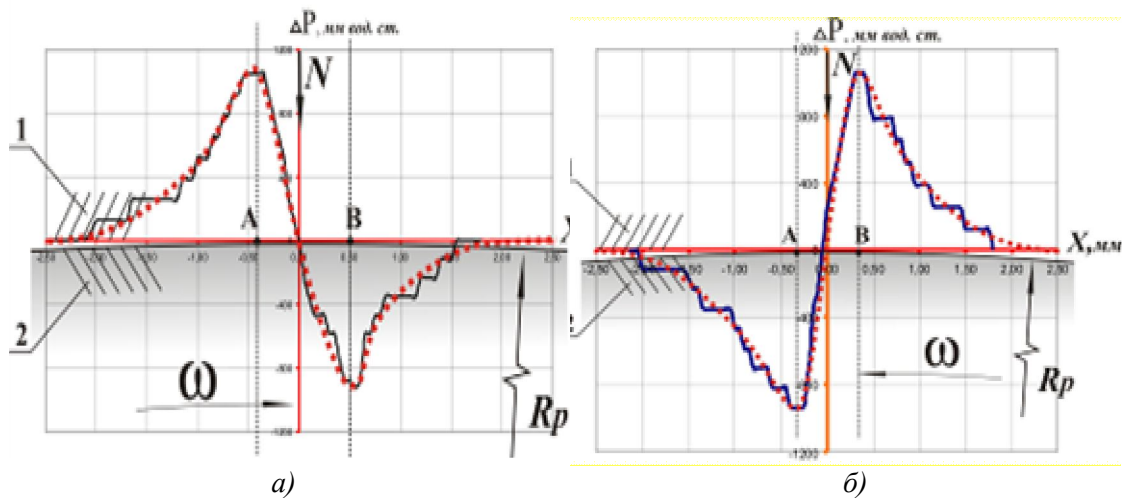


Рис. 3. Распределение перепада давления в граничных слоях керосина ТС-1 относительно атмосферного ΔP , т.е. разница между измеренным и атмосферным давлением по координате сканирования X перпендикулярно контакту при скольжении, где $[AB]$ – ширина линейного контакта контробразца 1 и ролика 2 радиусом R_p , ω – частота вращения, N – осевая нагрузка, X – координаты сканирования: а) вращение по часовой стрелке; б) вращение против часовой стрелки

Приборы трения АСБ-01 и АСБ-02 запатентованы [4]. Они позволяют получать новую информацию о контактно-гидродинамических течениях в граничных слоях, трибокавитационных явлениях в диффузорной области контакта, вести постоянный мониторинг состояния приемного устройства определения локального давления в граничных слоях и его распределения путем сканирования контактных и околоконтактных областей благодаря реализации в них дополнительного оптического канала съема информации.

В свою очередь, это позволит создавать новые технологические приемы по повышению эффективности бесконтактных и контактных трибосистем скольжения, а также разрабатывать новые смазочные материалы и присадки к ним по критерию порога трибокавитации.

Выводы. Благодаря исследованиям контактно-гидродинамических процессов на приборах АСБ-01 и АСБ-02 в научно-исследовательской лаборатории нанотриботехнологий НИЧ НАУ разработаны основные положения компрессионно-вакуумной гипотезы трения и трибокавитационного механизма изнашивания, которые находят свое подтверждение.

1. Коднир Д.С. Контактная гидродинамика смазки деталей машин М., «Машиностроение», 1976. – 304 с.
2. Прибор для непрерывного измерения толщины смазочного слоя в подшипнике скольжения. Авторское свидетельство № 91589 на изобретение. Бюллетень изобретений, 1950, № 16, Авт.: Д.С. Коднир, Л.М. Ронин, М.Д. Медвинский, Э.Ф. Зоммер.
3. Стельмах А.У. Компрессионно-вакуумный механизм адгезионного трения и изнашивания. – Деп. в ГНТБ Украины. - 07.07.2008, №109-Ук2008. –28 с.
4. Положительное решение №1514/ЗУ/11 от 14.01.2011 о выдаче декларационного патента на полезную модель «Прибор определения трибореологических характеристик трения скольжения в условиях граничной смазки» авторов Стельмах А.У., Бондарь В.С. и др.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2013