

УДК 629.7.058(043.2)

Р.Е.Костюник

Национальный авиационный университет

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПРЕССИОННО-ВАКУУМНЫХ ПРОЦЕССОВ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

*Рассматривается программно-аппаратный комплекс сбора, обработки и анализа данных лабораторных исследований процессов трения деталей механизмов для оценки их эксплуатационных свойств и повышения ресурса техники.*

Ключевые слова: *граничный слой, трибоконтакт, смазочная среда, поверхности трения*

**Введение.** В классической трибологии для исследований и моделирования трения скольжения широко используется модель трибоконтакта радиального подшипника скольжения, в котором при трении скольжения вала в определенном направлении присутствуют три характерные области относительно минимального зазора в контакте. В области входа вала в зону контакта по направлению скольжения зазор между валом и подшипником является сужающимся (конфузорным). Вторая область расположена вблизи минимального зазора и максимальных контактных напряжений. Прохождение вала с граничными слоями смазки через эту область образует расширяющийся (диффузорный) зазор по направлению вращения вала.

**Результаты исследования.** Экспериментально установлено [1], что при перемещении поверхности вала в конфузорной области, кроме набегающего потока граничных слоев, возникают вторичные течения смазочной среды, обратные направлению вращения вала. В диффузорной, расширяющейся области, при определенных скоростях возникает маслопаровоздушная фаза смазки и вторичные течения из среды в контакт. Экспериментально установлены закономерности распределения давления в смазочном слое  $P_m$ : в конфузорной области повышение, а в диффузорной – понижение относительно давления окружающей среды (рис. 1).

Для количественной оценки распределения давления в граничных слоях в контактной и околоконтактной области разработаны лабораторные установки АСБ-01 и АСБ-02 [2] с оптически-прозрачным линейным контактом и приемным устройством для измерения локального давления на рабочей поверхности трения (рис. 2). Путем механического ручного сканирования приемным устройством перпендикулярно контакту измерялись локальные давления в граничных слоях при трении скольжения в динамике, в различных смазочных средах, при различных осевых нагрузках, а также с определенным зазором между поверхностью модельного вала и поверхностью плоского неподвижного прозрачного модельного подшипника. На рис. 3. показано распределение измеренного локального давления  $P$  в граничных слоях масла в процессе трения скольжения при вариации скорости.

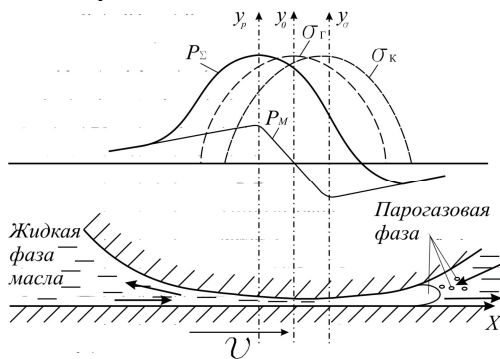


Рис. 1. Схема контактно-гидродинамических процессов в граничных слоях смазки

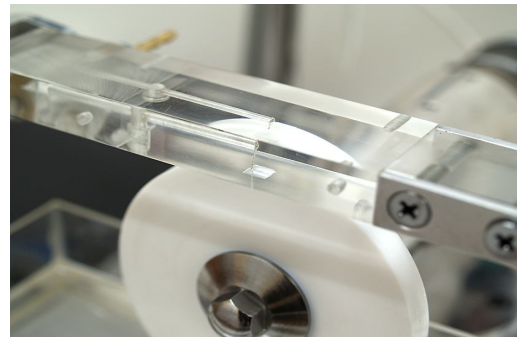


Рис. 2. Внешний вид линейного контакта с приемным устройством давления на рабочей поверхности оптически прозрачного модельного подшипника скольжения

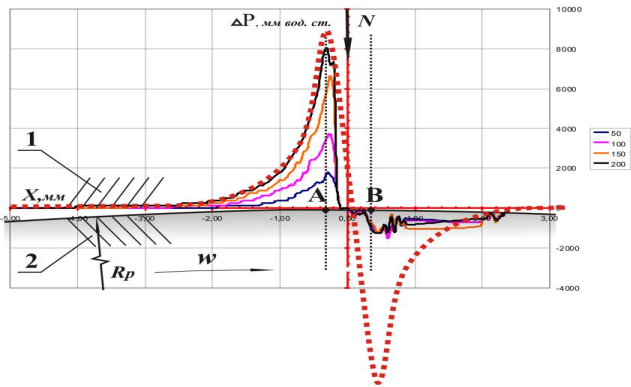


Рис. 3. Распределение давления  $P$  в граничных слоях масла в процессе трения скольжения при различных скоростях

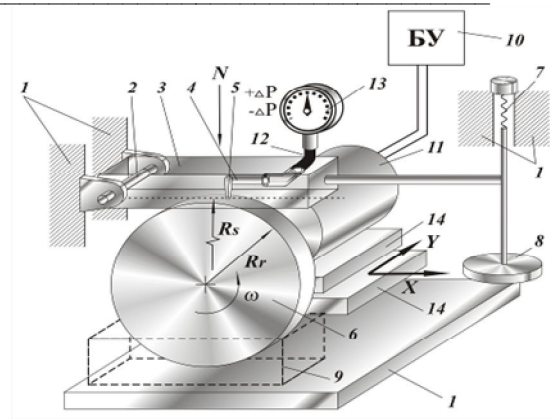


Рис. 4. Схема базовой модели лабораторного прибора трения АСБ-02

В ходе таких исследований при фиксированных значениях скорости и нагрузки только одного типа масла получен массив данных (около 1200 значений), которые вносились в рабочие журналы вручную. Предстоящие исследования требуют автоматизации экспериментов и специальной программы обработки данных на компьютере. Поэтому проблема автоматизации такого рода трибологических экспериментальных исследований является актуальной, и авторами было принято решение разработать, изготовить и отладить программно-аппаратные модули с соответствующей модернизацией электронно-механических блоков базового прибора АСБ-02 (рис. 4) собственными силами сотрудников лаборатории нанотриботехнологий НИЧ НАУ.

Использование унифицированных аппаратных и программных модулей систем [3,4] в машине трения АСБ-02 с дополнительными программными модулями математической обработки экспериментальных данных и формирования алгоритма управления позволило за короткое время и с минимальными финансовыми и материальными затратами спроектировать и создать относительно простую автоматизированную систему для исследования характеристик компрессионно-вакуумных процессов трения скольжения.

В состав автоматизированной системы (рис. 5) входит прибор АСБ-02, блок обработки входных и формирования выходных сигналов БУ, персональный компьютер ПК со специализированным программным обеспечением. Обмен данными между блоком и персональным компьютером осуществляется по последовательному интерфейсу.

Модернизация прибора АСБ-02 заключалась в установке дополнительных электронных датчиков давления ДД и разрежения ДР для измерения соответствующих параметров в зоне контакта модельного вала с поверхностью плоского неподвижного прозрачного модельного подшипника, оптического датчика частоты оборотов вала ДЧВ и датчика определения потребления тока ДТ основного двигателя АД, доработке механизма позиционирования на базе шагового двигателя ШД. Разработанные схемы модуля измерения напряжения ДН и потребления тока ДТ позволяют получать исходные данные для расчета мощности потерь АД в процессе трения скольжения при фиксированной частоте вращения и различных нагрузках.

Блок управления БУ выполняет следующие функции:

- обработку сигналов датчиков ДР, ДД, ДЧВ, ДТ, ДН;
- формирование и передачу массива данных в ПК;
- прием данных из ПК для формирования сигналов управления АД, и ШД.

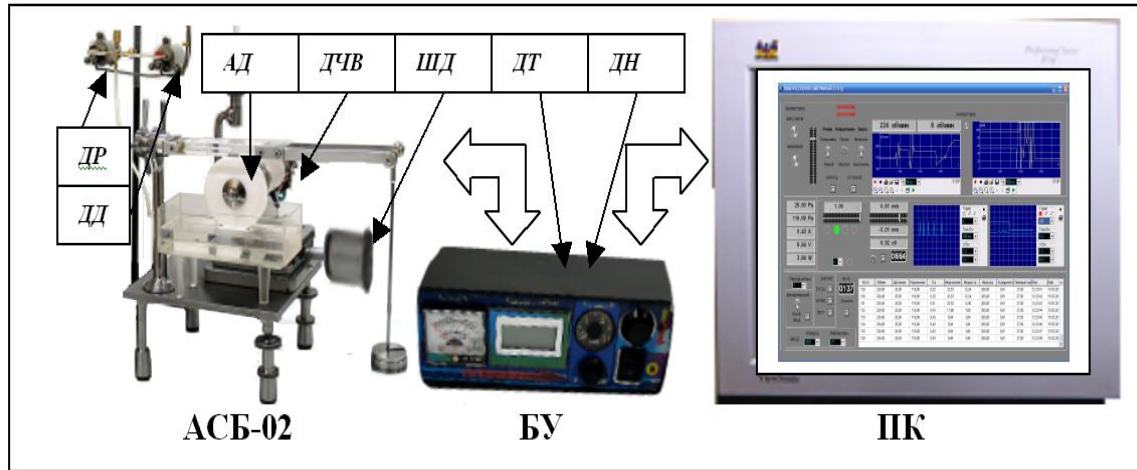


Рис 5. Структура автоматизированной измерительно-испытательной системы: АСБ-02 – лабораторная установка для измерения компрессионно-вакуумных процессов; БУ – блок управления; ПК – персональный компьютер; АД – асинхронный двигатель; ШД – шаговый двигатель; ДР – датчик разрезания; ДД – датчик давления; ДЧВ – датчик частоты вращения; ДТ – датчик тока; ДН – схема измерения напряжения

Таблица 1.

Результаты исследований

№ пп.	Об/мин	Дав л.	Разре ж.	Ток	Напря ж.	Мощно сть	Р, Н	Корд.	Т, °С	Time	Date
0	100	255	255	2,55	60	153	0	-1	0	20:02:41	19.03.2011
1	115,5	255	255	2,55	60	153	0	-0,91	0	20:02:59	19.03.2011
2	132,03	255	255	2,55	60	153	0	-0,65	0	20:03:13	19.03.2011
3	162	255	255	2,55	60	153	0	-0,45	0	20:03:23	19.03.2011
4	187,83	255	255	2,55	60	153	0	-0,23	0	20:03:31	19.03.2011
5	211,6	255	255	2,55	60	153	0	0,01	0	20:03:39	19.03.2011
6	132,03	255	255	2,55	60	153	0	-0,65	0	20:03:43	19.03.2011
7	162	255	255	2,55	60	153	0	-0,45	0	20:03:48	19.03.2011
8	187,83	255	255	2,55	60	153	0	-0,23	0	20:03:52	19.03.2011
9	211,6	255	255	2,55	60	153	0	0,01	0	20:03:59	19.03.2011
10	132,03	255	255	2,55	60	153	0	-0,65	0	20:03:63	19.03.2011
11	162	255	255	2,55	60	153	0	-0,45	0	20:04:28	19.03.2011
12	187,83	255	255	2,55	60	153	0	-0,23	0	20:04:32	19.03.2011
13	211,6	255	255	2,55	60	153	0	0,01	0	20:04:49	19.03.2011

Программное обеспечение выполняет функции формирования алгоритма управления исполнительными устройствами, отображение в цифровом или в графическом виде рабочих параметров и режимов лабораторной установки АСБ-02.

Управление скоростью позиционно-сканирующего механизма при исследовании процесса трения скольжения автоматизировано. Предусмотрено ручное юстирование зоны контакта.

Частота вращения основного двигателя автоматически поддерживается на заданном значении независимо от нагрузки и скорости сканирования.

Формирование таблицы 1 осуществляется в ручном или в автоматическом режиме с предварительной установкой периода записи. Предусмотрена возможность экспорта данных в программу EXCEL с целью дальнейшей статистической обработки.

Графический интерфейс (рис.6) программы дает возможность визуально наблюдать в реальном времени необходимые графические зависимости с сохранением изображений (рис.7) в памяти ПК.

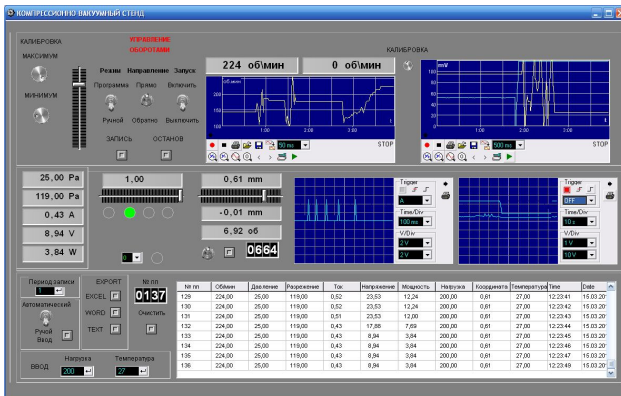


Рис. 6. Внешний вид графического интерфейса программного обеспечения

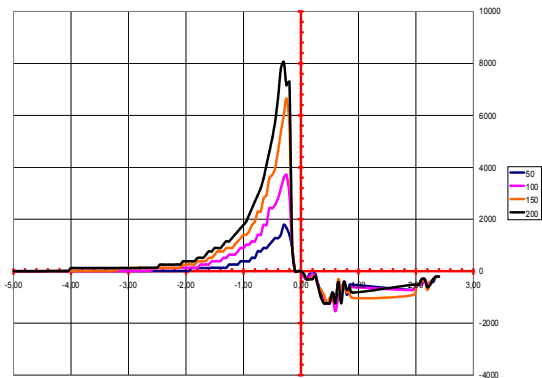


Рис. 7. Результаты экспорта и первичной обработки измеренных параметров

Графический интерфейс в совокупности с программными модулями математической обработки экспериментальных данных позволило создать наглядную, удобную и относительно простую автоматизированную систему регистрации параметров и управления режимами трения скольжения.

## Выводы

Использование базовых аппаратных и программных модулей систем [3,4] с разработанными программными модулями математической обработки экспериментальных данных и формирования алгоритма управления позволило за короткое время и с минимальными финансовыми и аппаратными затратами спроектировать и создать эффективную автоматизированную измерительно-испытательную систему определения компрессионно-вакуумных составляющих процессов трения скольжения.

Разработанная и внедренная система значительно повысила производительность экспериментальных исследований трибологических свойств смазочных материалов, исключая влияние человеческого фактора (субъективное принятие решений оператором).

Графический интерфейс программного обеспечения позволяет формировать алгоритмы управления, визуальное наблюдение в реальном времени необходимых графических зависимостей.

Управляющий позиционно-сканирующий механизм обеспечивает равномерность износа деталей при трении, что повышает достоверность результатов исследований.

1. Стельмах А.У Возникновение контактных струйных течений в условиях граничной смазки и механизм их образования. –Деп. ГНТБ Украины 14.04.09, №20 – Ук2009. – 43с.
2. Положительное решение №1514/ЗУ/11 от 14.01.2011 о выдаче декларационного патента на полезную модель «Прибор определения трибологических характеристик трения скольжения в условиях граничной смазки» авторов Стельмах А.У., Бондарь В.С. и др.
3. Шмаров В.Н., Стельмах О.В. Система активного контроля параметров энергосиловых установок. В сб. «Технологический системы», №4, Киев, 2008.- С.17-20.
4. Шмаров В.М., Стельмах О.В. Апаратно-програмна інформаційно-вимірювальна система. В сб. «Технологический системы», №1, Киев, 2010.- С.88-90.