

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ВТУЛОК

Н. И. СТРИКЕЛЬ, М. И. ЛИСКОВИЧ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

В ГГТУ им. П. О. Сухого разработан способ изготовления цельных композиционных втулок подшипников скольжения совместной вытяжкой металлопорошкового и металлического слоев [1]. По сравнению с втулками, которые изготавливаются нанесением антифрикционного покрытия на металлическую ленту с последующей отрезкой, гибкой и калибровкой, цельнотянутые втулки не содержат стыка согнутых краев полосы, что создает более благоприятные условия для работы подшипникового узла.

Необходимо создание стенда, позволяющего провести полномасштабные сравнительные испытания антифрикционных характеристик согнутых и изготовленных вытяжкой композиционных втулок, а также для исследования поведения новых цельнотянутых втулок при различных режимах трения.

Процесс трения и износа тел чрезвычайно сложен и зависит от большого числа условий и факторов. При создании новых композиционных подшипников необходимы исследования трибологических характеристик, для чего проводят изучение процессов трения и изнашивания деталей машин в лабораторных условиях на испытательных машинах. К важнейшим параметрам, которые определяются при этих исследованиях, относятся коэффициент трения и интенсивность изнашивания.

Для определения силы трения существует много различных методов. Но все они основаны либо на принципе определения крутящего момента, необходимого для движения испытуемого узла, либо на принципе «увлечения», основанного на стремлении подвижного образца увлечь за собой неподвижный образец с силой, пропорциональной величине момента трения [2].

Наиболее типичными схемами испытаний являются следующие:

1. Испытуемый образец в виде модели втулки подшипника скольжения устанавливается в обойму [3]. Контртело закрепляется на валу, вращающемся от электродвигателя. Под действием силы трения образец вместе с обоймой поворачивается. Укрепленный на обойме рычаг действует на пружину динамометра, который и показывает величину момента трения. Обойма является цапфой гидростатического подшипника, а втулкой – головка плунжера. Авторы установки считают потери на трение между ними весьма малыми и принимают момент, действующий на обойму, равным моменту трения на испытуемом образце.

2. В машине НИДИ для испытания подшипников скольжения при вращении вала образец вместе с корпусом, в котором он закреплен, и двуплечим рычагом стремится под действием силы трения повернуться. Момент трения уравнивается моментом, создаваемым гирями, которые кладутся на чашки двуплечевого рычага.

При помощи циферблатных весов определяют момент трения. Этот метод измерений может быть пригоден только при устойчивых режимах испытаний [3].

Практически во всех машинах для испытаний подшипников пытаются различными способами исключить влияние трения в других элементах конструкции кроме самого подшипника.

Постановка задачи

Цель работы – увеличение точности измерения силы трения. Для этого при разработке экспериментального устройства была поставлена задача исключить проворот образца, благодаря чему посторонние потери на трение сводятся к нулю. Кроме того, одновременно, одним и тем же методом определять и усилие нагружения подшипника, и момент трения. Экспериментальное устройство должно также позволять производить испытания антифрикционных втулок различного диаметра в автоматизированном режиме в широком диапазоне изменения окружных скоростей, радиального усилия и давления в подшипнике.

Устройство стенда

Устройство (рис. 1) работает следующим образом. Ось 1 подшипника (рис. 2) закрепляется консольно в патроне токарно-винторезного станка повышенной точности модели 16УОЗП и с помощью привода станка можно обеспечивать бесступенчатое изменение угловой скорости вращения от 80 до 4000 оборотов в минуту. Одета на ось втулка 2 с антифрикционным покрытием из металлических порошков закрепляется неподвижно в обойме 3.

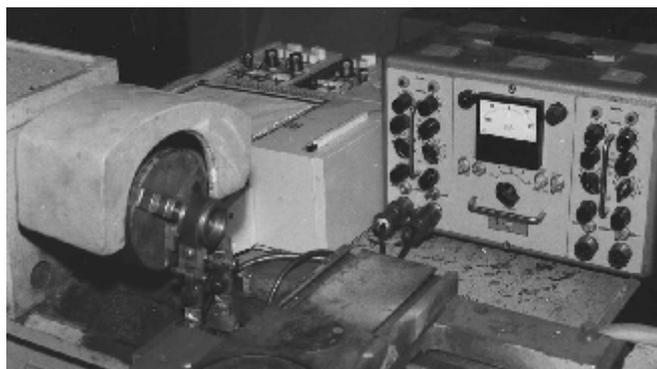


Рис. 1. Стенд для испытания антифрикционных покрытий

Практически во всех машинах для испытаний подшипников скольжения момент трения приводит к повороту рычажной измерительной системы, поэтому необходимо уменьшать влияние трения в других элементах измерительной системы кроме самого подшипника.

В данной работе при разработке стенда была поставлена задача избежать введения в измерительную систему дополнительных элементов и подшипников, кроме исследуемого, поворачивающихся под действием момента трения.

Для решения поставленной задачи разработан стенд для испытания антифрикционных втулок, в котором отсутствует поворот измерительного устройства под действием сил трения и неизбежные при этом трудно учитываемые дополнительные потери со следующими техническими характеристиками:

- базовое оборудование – токарно-винторезный станок повышенной точности модели 16УОЗП;
- способ регулирования числа оборотов – бесступенчатый;
- минимальное число оборотов в минуту – 80;
- максимальное число оборотов в минуту – 4000;
- минимальное радиальное усилие, Н – 50;
- максимальное радиальное усилие, Н – 540;
- диапазон измеряемых сил трения:
 - минимальное, Н – 2;
 - максимальное, Н – 150;
- погрешность измерения силы трения $\pm 0,1$ Н.

– размеры подшипника в мм: наружный диаметр – 8 и 22; внутренний диаметр – 6 и 20; ширина – 10.

Схемы испытаний

Испытания могут быть выполнены по двум схемам:

- 1) ось вращается – втулка неподвижна (рис. 2);
- 2) втулка вращается – ось неподвижна (рис. 3).

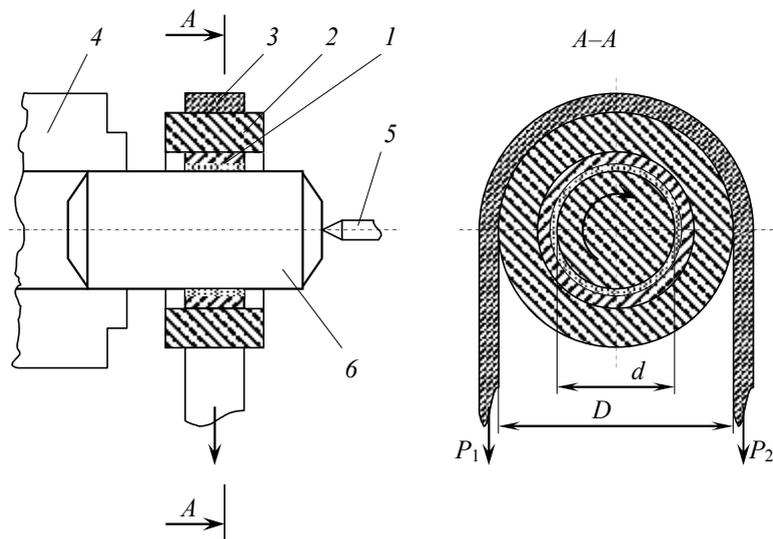


Рис. 2. Схема испытания подшипника при неподвижной втулке и вращающейся оси:
1 – втулка с антифрикционным слоем; 2 – обойма; 3 – петля; 4 – кулачки патрона;
5 – пиноль; 6 – ось

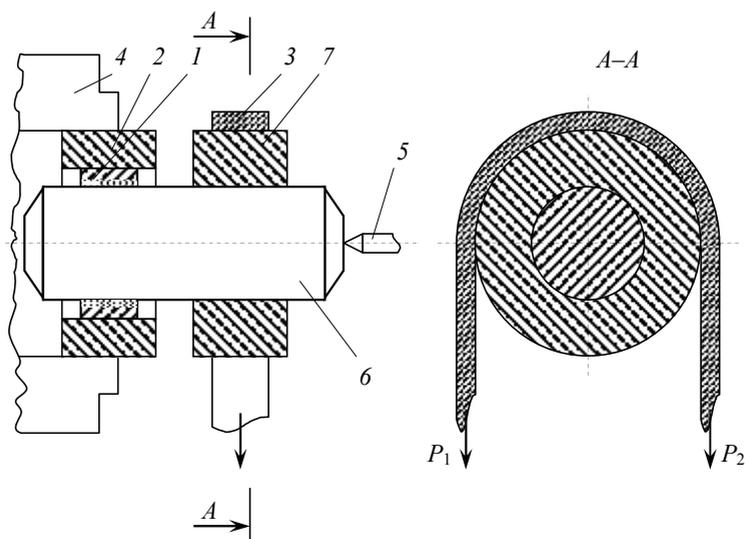


Рис. 3. Схема испытания подшипника при неподвижной оси и вращающейся втулке:
1 – втулка с антифрикционным слоем; 2 – обойма; 3 – петля; 4 – кулачки патрона;
5 – пиноль; 6 – ось; 7 – обойма

При испытании по первой схеме (рис. 2) ось 6 закрепляется в патроне 4 станка и с помощью привода станка обеспечивается заданная угловая скорость вращения. Одета на ось втулка 1 с антифрикционным покрытием закрепляется неподвижно в обойме 2. Может быть осуществлена как консольная схема, так и двухопорная. Во втором случае в качестве опоры используется пиноль 5 станка.

Радиальное усилие, в диапазоне от 50 до 560 Н, действующее на подшипник, создается с помощью петли 3, охватывающей обойму, шарнирных соединений, двух тяг и рычага с грузом.

Изменение величины радиальной нагрузки обеспечивается сменой груза на рычаге. На боковые поверхности тяг наклеиваются тензометрические датчики (рис. 4) и с помощью тензометрического усилителя УТЧ-1 и самопишущего прибора Н327-3 регистрируются величины усилий P_1 и P_2 на каждой из тяг. Величина радиального усилия P_R , действующего на подшипник, определяется следующим образом:

$$P_R = P_1 + P_2. \quad (1)$$

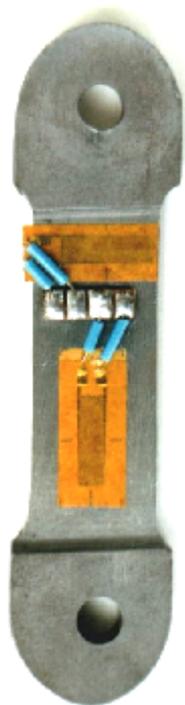


Рис. 4. Тензометрические датчики, наклеенные на боковые поверхности тяг

Момент сил трения в подшипнике:

$$M_{\text{тр}} = \frac{(P_1 - P_2) \cdot D}{2}, \quad (2)$$

где D – диаметр обоймы.

Коэффициент трения в подшипнике:

$$f = \frac{(P_1 - P_2) \cdot D}{(P_1 + P_2) \cdot d}, \quad (3)$$

где d – диаметр оси.

Величина вертикального смещения обоймы с втулкой относительно оси в процессе работы подшипника характеризует величину зазора между осью и втулкой и может быть использована для оценки величины суммарного линейного износа. Устройство позволяет установить термопары во втулке и определить температуру нагрева поверхности скольжения.

Устройство позволяет изменять окружную скорость V на шейке вала подшипника в диапазоне от 0,25 м/с до 4,19 м/с.

Диапазон давлений в подшипнике: $P_{\text{min}} = 0,625$ МПа до $P_{\text{max}} = 9$ МПа.

При необходимости максимальное давление в подшипнике может быть увеличено при соответствующем уменьшении ширины подшипника.

Таким образом, разработанное устройство позволяет проводить испытания подшипников скольжения с антифрикционным покрытием в широком диапазоне

изменения числа оборотов, окружных скоростей, радиального усилия и величины давления в подшипнике, обеспечивая достаточно высокую точность регистрации исследуемых параметров.

При испытании по второй схеме (рис. 3) запрессованная в обойму 2 втулка 1 с антифрикционным покрытием зажимается в патроне 4 и вращается с заданной угловой скоростью, ось 6 запрессованная в обойму 7, удерживается от вращения петлёй 3. Изменение радиального усилия, момента сил трения и величины коэффициента трения проводятся так же, как и при первой схеме измерения.

При испытаниях по обоим схемам практически не происходило проскальзывания петли по обойме, поэтому необходимость в их скреплении отсутствовала.

На рис. 5 приведена структурная схема автоматического управления измерениями, регистрацией и обработкой результатов измерений на стенде для испытания антифрикционных втулок.

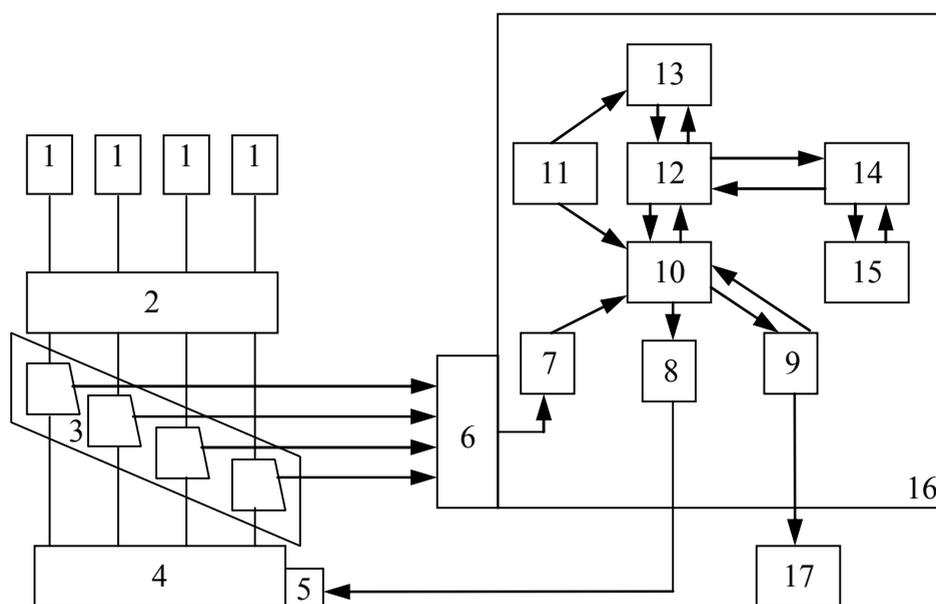


Рис. 5. Структурная схема автоматического управления измерениями, регистрацией и обработкой: 1 – тензорезисторы; 2 – тензометрический усилитель УТЧ-1; 3 – блок коммутации; 4 – самопишущий прибор; 5 – лентопротяжный механизм; 6 – аналого-цифровой преобразователь; 7 – модуль ввода дискретных сигналов; 8 – модуль вывода дискретных сигналов; 9 – модуль последовательного интерфейса; 10 – модуль ввода-вывода; 11 – модуль питания; 12 – модуль процессора; 13 – модуль памяти; 14 – модуль управления; 15 – пульт управления; 16 – программируемый микроконтроллер МКП-1; 17 – персональный компьютер с процессором Celeron 1700 MHz и 256 Mb оперативной памяти

Основные и компенсационные тензорезисторы 1, наклеенные на боковые поверхности тяг, выполненные по схеме «полумост» каждая пара, подключены соответственно к двум каналам тензометрического усилителя 2. Тензорезисторы и обмотки трансформатора усилителя мощности образуют измерительные мосты, запитанные задающим генератором синусоидальным напряжением несущей частоты $f = 10^4$ Гц. Напряжения разбаланса измерительных мостов, возникающее под нагрузкой, модулированное напряжением деформации силоизмерителя через балансирующее устройство подается на измерительный усилитель и после усиления и выделения модулирующего сигнала фазочувствительным детектором через фильтр подается на выходе УТЧ-1 в блок коммутации 3, из которого осуществляется передача сигналов на соответствующие каналы самопишущего прибора 4 для регистрации, а также через аналого-числовой преобразователь 6, преобразующий аналоговые сигналы в числа, на модуль 7 ввода дискретных сигналов программируемого микроконтроллера 16. Модуль процессора 12 микроконтроллера под управлением модуля 14 обеспечивает логическую и

арифметическую обработку поступившей информации, формирование массивов данных в модуле памяти 13, индексированную выдачу информации на пульт управления 15, обмен информацией через модуль 9 последовательного интерфейса с персональным компьютером 17, а также через модули ввода-вывода 10 и 8 периодические по заданной программе цикловые включения и выключения лентопротяжного механизма 5 самопишущего прибора Н320-5.

Применение микроконтроллера МКП-1 (рис. 6), представляющего собой электронный командный аппарат с микропроцессорным управлением, выполненный по модульному принципу, позволяет полностью автоматизировать процесс измерения на стенде, экономить бумагу на самопишущем приборе при длительных испытаниях, формировать и хранить в модуле памяти числовую информацию и передавать её на персональный компьютер, который в свою очередь обеспечивает обработку и регистрацию результатов измерений в числовом виде.

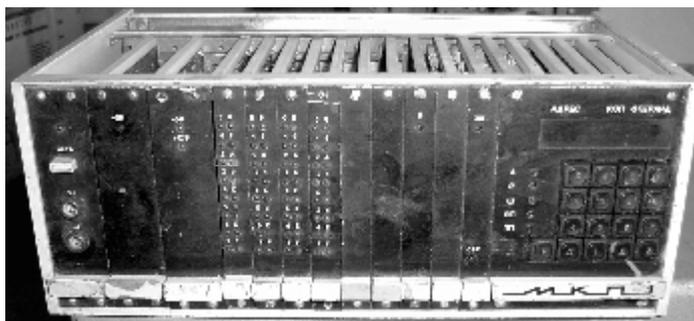


Рис. 6. Микроконтроллер программируемый МКП-1

Схема позволяет использовать ноутбук или персональный компьютер периодически, а не на протяжении всего времени испытаний.

На компьютере использовалось программное обеспечение «PowerGraph», которое позволяет проводить сбор данных, регистрацию, визуализацию и обработку сигналов в режиме реального времени, а также редактирование, математическую обработку и анализ данных, их хранение и экспорт в другие программные продукты.

На стенде предусмотрена возможность регистрации величины зазора между осью и втулкой, температуры нагрева поверхности скольжения, амплитуды вибрации подшипника, логарифмический уровень виброскорости, уровни шума в октавных полосах частот.

Окружную скорость V на шейке вала подшипника можно изменять в диапазоне от 0,25 м/с до 4 м/с, а давления в подшипнике от $p_{\min} = 0,625$ МПа до $p_{\max} = 9$ МПа. При необходимости максимальное давление может быть увеличено при соответствующем уменьшении ширины втулки.

Для оценки точности измерения силы трения были проведены сравнительные испытания. Для проведения испытаний по известной схеме в разработанное устройство между обоймой и петлей был установлен подшипник качения и добавлен рычаг, через который проворот обоймы передавался на мессдозу сжатия.

В разработанном стенде коэффициент трения исследуемых втулок составил $0,092 \pm 0,002$, а при испытаниях по известной схеме $0,102 \pm 0,005$, т. е. точность измерения повышена на 9,8 %.

Заключение

Таким образом, разработанный стенд позволяет в автоматизированном режиме производить испытания антифрикционных втулок в широком диапазоне изменения окружных скоростей, радиального усилия и давления в подшипнике.

В экспериментальном устройстве исключен проворот образца и отсутствует необходимость учета связанных с этим посторонних потерь. Одним и тем же методом определяется и усилие нагружения подшипника, и момент трения.

Разработанный стенд позволяет проводить испытания по двум схемам: ось вращается – втулка неподвижна и втулка вращается – ось неподвижна.

Литература

1. Стрикель, Н. И. Способ изготовления полого композиционного изделия / Н. И. Стрикель, Ю. Л. Бобарикин, М. И. Лискович // Изобретения, полез. модели, пром. образцы. – № 4(23). – 1999. – С. 21–22.
2. Гриб, В. В. Лабораторные испытания на трение и износ / В. В. Гриб, Г. Е. Лазарев. – Москва : Наука, 1968. – 141 с.
3. Ясь, Д. С. Испытания на трение и износ. Методы и оборудование / Д. С. Ясь, В. Б. Подмоков, Н. С. Дяденко. – Киев : Техника, 1971. – 140 с.

Получено 07.12.2006 г.