

УДК 621.822.76

## ИЗМЕРЕНИЕ МОМЕНТА ТРЕНИЯ В РАДИАЛЬНО-УПОРНЫХ ШАРИКОПОДШИПНИКАХ

Минченя Н.Т., Савченко А.Л.

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Беларусь*

Трение в подшипниках качения является основной причиной энергетических потерь, выражающихся в снижении КПД механизма. Особенно это актуально для высокоскоростных опор, так как энергия, затраченная на преодоление сил сопротивления, выделяется в подшипнике в виде тепла, что приводит к снижению срока службы опоры. В приборах точной механики трение в опорах приводит к появлению нелинейностей статической характеристики, таких как, например, зона нечувствительности. Момент трения состоит из следующих компонентов [1]:

$$M_{\text{тр}} = M_{\text{ск}} + M_{\text{гир}} + M_{\text{гис}} + M_{\text{от}} + M_{\text{сеп}} + M_{\text{см}} + M_{\text{ср}} + M_{\text{тем}}$$

где  $M_{\text{ск}}$  — составляющая, вызванная дифференциальным проскальзыванием на площадках контакта;  $M_{\text{гир}}$  — составляющая, вызванная гироскопическим вращением тел качения;  $M_{\text{гис}}$  — составляющая, вызванная потерями на упругий гистерезис в материалах контактирующих тел;  $M_{\text{от}}$  — составляющая, вызванная отклонением деталей подшипника от правильной геометрической формы и микрогеометрией контактирующих поверхностей;  $M_{\text{сеп}}$  — составляющая, вызванная трением между сепаратором и другими деталями подшипника;  $M_{\text{см}}$  — составляющая, вызванная сдвигом и сбросом смазки;  $M_{\text{ср}}$  — составляющая, вызванная сопротивлением газовой или жидкостной среды при вращении подшипника;  $M_{\text{тем}}$  — дополнительное увеличение момента трения при повышении температуры.

Различают статический и динамический моменты трения. Статический момент трения представляет собой момент, необходимый для трогания и поддержания медленного (скорость вращения 1–2 об/мин) поворота одного из колец подшипника на некоторый угол при неподвижном втором кольце. Динамический момент трения рассматривается как момент, необходимый для удержания от вращения одного кольца подшипника при вращении второго с заданной скоростью.

На практике получили распространение следующие методы измерения момента трения.

Статический момент трения измеряют при вертикальном и горизонтальном положениях осей подшипника. При вертикальном положении подшипник нагружают колоколом заданной массы и создают крутящий момент струей воз-

духа. Давление воздуха повышают до момента трогания колокола, в тот же момент производят отсчет давления, пропорционального моменту трения.

При горизонтальном положении оси измеряют момент трения пары подшипников, которые устанавливают в опоры и нагружают сбалансированным барабаном. Через барабан перекидывают нить, на концах которой закреплены грузы, разность масс которых создает крутящий момент, равный максимальному заданному статическому моменту трения. Если момент трения пары подшипников превышает момент, создаваемый грузами, барабан остается неподвижным.

Динамический момент трения измеряют методами выбега и компенсации. При использовании метода выбега подшипник устанавливают с вертикальной осью вращения, нагружают заданным весом и разгоняют нужное кольцо до определенной скорости. Затем разгон прекращают и измеряют время и количество оборотов кольца до его полной остановки. По этим значениям вычисляют момент трения.

При использовании метода компенсации подшипник устанавливают с горизонтальной осью вращения и вращают внутреннее кольцо с помощью электродвигателя. Наружное кольцо при этом увлекается с моментом, равным моменту трения. Этот момент компенсируют внешней нагрузкой, которая и подлежит измерению.

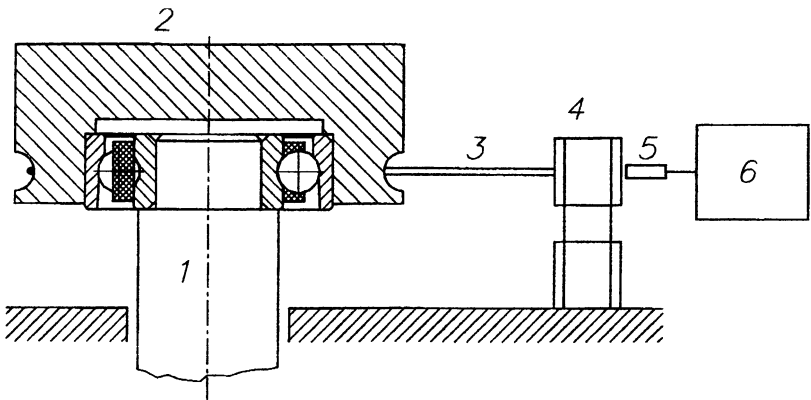


Рис. 1. Схема устройства для измерения момента трения

В цеховых условиях при проведении сборочных работ для измерения момента трения в подшипниках используются все описанные методы. Одна-

ко, приборы, построенные в соответствии с ними сложны в использовании и громоздки. Во многих случаях для получения окончательного результата требуются вычисления.

Авторами разработано малогабаритное устройство, максимально простое и удобное для использования в сборочных цехах. Устройство, схема которого показана на рис. 1, работает по методу компенсации. В нем производится измерение момента, которым при вращении внутреннего кольца увлекается наружное.

Подшипник устанавливается на выходной вал шпинделя 1, который приводится во вращение электродвигателем. На наружное кольцо подшипника устанавливается оправка 2, соединенная тросиком 3 с силоизмерительным устройством, состоящим из упругого элемента (плоскопружинного параллелограма 4) и бесконтактного индуктивного датчика 5. Так как момент трения равен произведению измеряемого усилия на радиус оправки 2, то отчетное устройство прибора 6 типа БИМП-2 проградуировано в единицах измерения момента. Нагрузка на подшипник создается весом оправки 2.

Разработанное устройство использовалось при исследовании различных способов снижения момента сопротивления вращению радиально-упорных шарикоподшипников. Результаты исследований были опубликованы ранее.

### **Литература**

1. А.И.Спришевский. Подшипники качения. М.: Машиностроение, 1969.

УДК 621.391:532.783

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРООПТИКИ МИКРООБЪЕМОВ МОДУЛИРУЮЩИХ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР**

**Развин Ю.В., Потачиц В.А.\*, Лавровский Л.А.\***  
*Белорусский национальный технический университет*  
*\*Институт электроники НАН Беларуси*  
*Минск, Беларусь*

Для современных систем оптической обработки информации актуальны задачи создания перестраиваемых оптических элементов. Практическая реализация таких устройств особенно важна при формировании когерентных световых полей с заданным распределением интенсивности. Новые возможности создания таких функциональных элементов открываются при раз-