

УДК 621.833.389
ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ
ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ КАЧЕНИЯ

Н.И. РОГАЧЕВСКИЙ, М.Э. ПОДЫМАКО, С.Н. РОГАЧЕВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилёв, Беларусь

В машиностроении широко используются червячные передачи благодаря известным преимуществам. Однако они обладают низким КПД, обусловленным геометрией и кинематикой червячного зацепления. Устранение этого недостатка привело к созданию червячных передач качения, представляющих собой нетрадиционный тип передач с перекрещивающимися осями валов. В этих передачах вместо червяка используется закрепленная на ведущем валу витая цилиндрическая пружина или винт с прямоугольной (трапецеидальной) резьбой, а вместо червячного колеса применяется один или два диска с закрепленными в них в подшипниках пальцами или с установленными в них пальцами, на которых закреплены подшипники качения. Такие передачи просты в изготовлении, не требуют высокой точности изготовления деталей и их монтажа в редукторе, так как упругая податливость пружины компенсирует значительные погрешности, не имеют дорогостоящих антифрикционных материалов, могут использоваться в качестве открытых передач без масляной ванны. Высокий КПД обеспечивает замена трения скольжения качением витков пружины или винта по вращающимся в подшипниках качения пальцам или по наружным кольцам подшипников качения, установленным на пальцах. В червячных передачах качения значительно уменьшены потери передаваемой энергии, что является весьма актуальным. Особенно это важно для передач редукторов общего назначения, многие из которых эксплуатируются в непрерывном режиме и могут перегреваться.

Для научно-обоснованного подхода к проектированию таких передач необходимы исследования напряженного состояния закрепленных в дисках колеса подшипников качения, в которых консольно установлены пальцы, составляющие кинематические пары с пружиной или винтом. Этим исследованиям посвящена настоящая работа.

При консольной установке пальца в подшипник, последний нагружается ведущей пружиной или винтом не только традиционной радиальной силой, но и воспринимает изгибающий палец момент. Момент имеет значительную величину, так как конструктивно плечо приложения изгибающей палец силы соизмеримо с диаметром рабочей поверхности пальца. Момент, перекашивая относительно друг друга кольца подшипника, способствует уменьшению радиального зазора в подшипнике и осевой игры колец, что приводит к распределению нагрузки между большинством тел качения, а не их половиной, как при действии только радиальной силы. По этой причине до некоторых значений отношения изгибающего палец момента к радиальной силе условия работы подшипников качения почти не ухудшаются. Это

подтверждается экспериментальным определением момента трения в радиальном шариковом подшипнике 204 на созданном стенде. Многочисленные стендовые испытания показали, что с возрастанием величины указанного отношения момент трения повышается незначительно. Экспериментальный стенд состоит из основания, закрепленной на нем стойки, в отверстие которой установлен испытуемый подшипник, во внутреннее кольцо которого запрессован палец. На пальце посредством второго подшипника 204 с возможностью осевого смещения закреплена подвеска для размещения гирь, создающих радиальную нагрузку и изгибающий палец момент, величина которого изменяется осевым смещением подвески.

Тела качения в подшипнике нагружены неравномерно. Величина воспринимаемой конкретным шариком силы пропорциональна удалению его от мгновенной оси относительного перекося колец. Задача распределения сил между телами качения является статически неопределимой. В дополнение к уравнениям статики необходимо использовать уравнения перемещений. Перемещения (сближения) тел качения и колец подшипника равны соответствующим проекциям полного смещения кольца. Для шарикоподшипника зависимость между сближением шарика с кольцом и сжимающей силой вытекает из решения задачи теории упругости о сжатии упругих тел.

Исследовано напряженно-деформированное состояние подшипника 204 от действия силы $F = 2500$ Н, которая прикладывалась к внутреннему кольцу подшипника с боковым эксцентриситетом l , величина которого изменялась от 0 до 28 мм. Наружное кольцо подшипника фиксировалось, имитируя посадку в корпус. Подшипник рассматривался как идеальный, у которого размеры элементов равны номинальным и радиальный зазор равен нулю.

Изучено распределение радиальных и осевых усилий между телами качения. Найдены абсолютные деформации элементов подшипника при разных значениях l .

Распределения контактных напряжений в деталях подшипника определены для следующих вариантов его нагружения:

- 1) действует только радиальная сила;
- 2) действует только момент;
- 3) совместное действие силы и момента.

При действии только радиальной силы положения пятен контакта постоянны и изменяются лишь их площади. Увеличение момента изменяет положения и размеры пятен контакта между элементами подшипника, происходит смещение их к краю беговой дорожки кольца и возникновение кромочного контакта тел качения и реборды дорожки. В этих местах происходит увеличение контактных напряжений.