

УДК 621.833.389

ВЛИЯНИЕ РАДИАЛЬНОГО ЗАЗОРА И ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА НАГРУЗКИ ПОДШИПНИКОВ ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ КАЧЕНИЯ

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

В приводах рабочих органов машин и оборудования часто используются червячные передачи, благодаря известным достоинствам. Однако в этих передачах наблюдается относительное скольжение рабочих поверхностей зацепляющихся звеньев, что является причиной низкого КПД (повышенного тепловыделения и износа, склонности к заеданию). Стремление устранить эти недостатки привело к разработке червячных передач качения, в которых отсутствует причина, вызывающая значительные потери, так как в зацеплениях звеньев скольжение заменено качением.

В этих передаточных механизмах вместо червяка используется закрепленная на ведущем валу витая цилиндрическая (бочкообразная) пружина или винт с прямоугольной (трапецеидальной) резьбой, а вместо червячного колеса применяется один или два диска с закрепленными в них консольно в подшипниках пальцами. При этом каждый подшипник поочередно нагружается винтом (пружиной) не только традиционными радиальной и осевой силами, но и воспринимает изгибающий палец момент. Момент имеет значительную величину, так как плечо приложения изгибающей силы соизмеримо с диаметром рабочей поверхности пальца. Момент способствует уменьшению радиального зазора в подшипнике и осевой игры из-за относительного перекоса колец на $8...16'$, что приводит к распределению нагрузки между всеми телами качения, а не их половиной, как при действии только радиальной силы. При этом тела качения нагружены неравномерно. Величина воспринимаемой конкретным шариком силы пропорциональна удалению его от мгновенной оси относительного перекоса колец.

Для научно обоснованного подхода к проектированию передач качения необходимы исследования несущей способности подшипников качения. Этим исследованиям посвящена настоящая работа, в которой решены следующие задачи: разработана и реализована математическая модель подшипника с учетом контактных взаимодействий его элементов; оценено влияние на несущую способность подшипника величин радиального зазора и эксцентриситета приложения нагрузки.

В качестве объекта исследования принят радиальный шариковый подшипник 204 с восемью телами качения. Статическая грузоподъемность подшипника составляет 6500 Н. Математическая модель подшипника реализована методом конечных элементов с учетом упругопластического

характера деформирования. В модели учтены контактные взаимодействия между телами качения и обоймами, ее разрешающая способность в местах контактов составляет 80 мкм. В модели приняты допущения: элементы подшипника приняты идеальными без учета погрешностей формы; подшипник опирается на детали передачи жестко, то есть не учитываются их деформативные свойства; материал элементов подшипника рассматривается как однородный и изотропный.

Нагрузка на подшипник величиной $F = 2500 \text{ Н}$ приложена консольно к отверстию внутренней обоймы, величина эксцентриситета ее приложения варьировалась от 0 до 21 мм. Несущая способность подшипника оценена по критерию допускаемых контактных напряжений по ГОСТ 18854-94 «Подшипники качения. Статическая грузоподъемность». Для радиальных шариковых несамостоятельно устанавливаемых подшипников допускаемые контактные напряжения $[\sigma] = 4200 \text{ МПа}$. В стандарте отмечено, что его применение нецелесообразно для подшипников, работающих в условиях выхода площадки контакта на бортики колец.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

1) максимальные контактные напряжения между телами качения и обоймами без радиального зазора не превышают допускаемых, однако при эксцентриситете приложения силы $e \geq 14 \text{ мм}$ происходит выход площадок контакта тел качения, расположенных в плоскости действия изгибающего момента (№1 и №5), на бортики;

2) подшипник с радиальным зазором 15 мкм не удовлетворяет условию прочности по контактным напряжениям при $e = 21 \text{ мм}$, так как напряжения в зонах контакта тел качения №1 и №5 с внутренними обоймами составляют соответственно 4970 и 4765 МПа; при $e \geq 7 \text{ мм}$ происходит выход площадок контакта тел качения №1 и №5 на бортики;

3) подшипник с радиальным зазором 25 мкм не удовлетворяет условию прочности при $e \geq 14 \text{ мм}$, так как напряжения в зонах контакта тел качения №1 и №5 с внутренними обоймами превышают допускаемые; при $e \geq 7 \text{ мм}$ происходит выход площадок контакта тел качения №1 и №5 на бортики, а при эксцентриситете $e = 21 \text{ мм}$ – и ближайших к ним двух других тел качения;

4) в контактных парах «тело качения – наружная обойма» с увеличением эксцентриситета приложения силы происходит пропорциональное возрастание контактных напряжений;

5) радиальный зазор оказывает незначительное влияние на уровень контактных напряжений в парах «тело качения – наружная обойма».