

УДК 621.822.6:531.3

**Кинематический расчет подшипников качения**

Мозоль К. Н., Чевпило В. А.

Научный руководитель Беляцкая Л. Н.

Белорусский национальный технический университет

Подшипники качения представляют собой готовый узел рисунок 1, осевым элементом которого являются тела качения – шарики или ролики 3, установленные между кольцами 1 и 2 и удерживаемые на определенном расстоянии друг от друга обоймой, называемой сепаратором 4. В процессе работы тела качения катятся по дорожкам качения колец, одно из которых в большинстве случаев недвижимо. Распределение нагрузки между несущими телами качения неравномерно и зависит от величины радиального зазора в подшипнике и от точности геометрической формы его деталей.

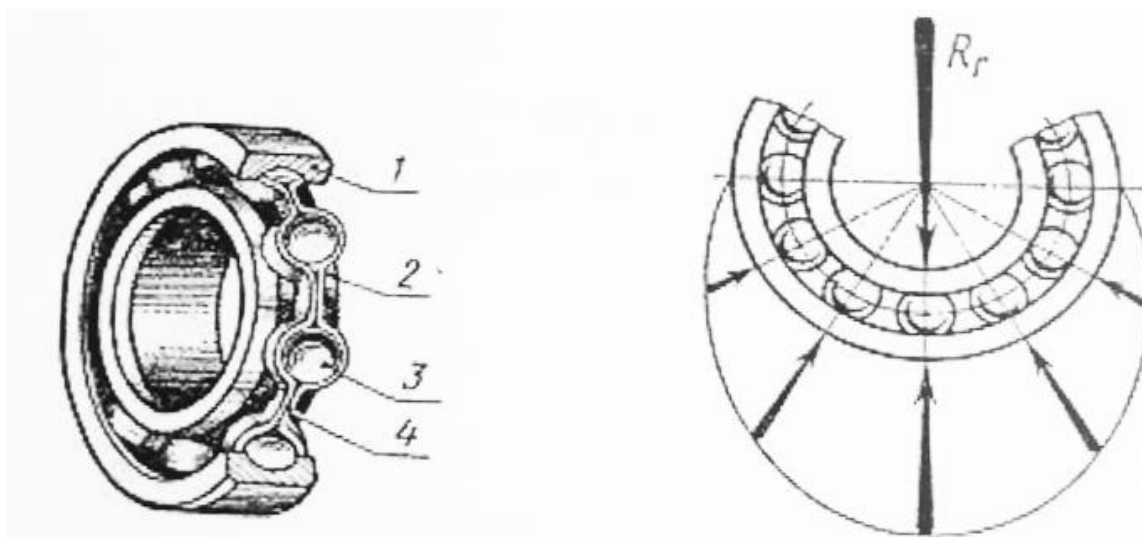


Рисунок 1

Подшипники качения широко распространены во всех отраслях машиностроения. Они стандартизованы и изготавливаются в массовом производстве на ряде крупных специализированных заводов.

В зависимости от характера работы узла машины, в котором установлен подшипник, имеют место различные варианты вращений его колец. На рисунке 2 изображен радиальный однорядный шарикоподшипник, состоящий из внутреннего 1, наружного 2 колец, тел качения (шариков) 3 и сепаратора 4 (детали, удерживающей тела качения на определенном расстоянии одного от другого). Один из распространенных вариантов работы такого подшипника когда внутреннее кольцо неподвижно.

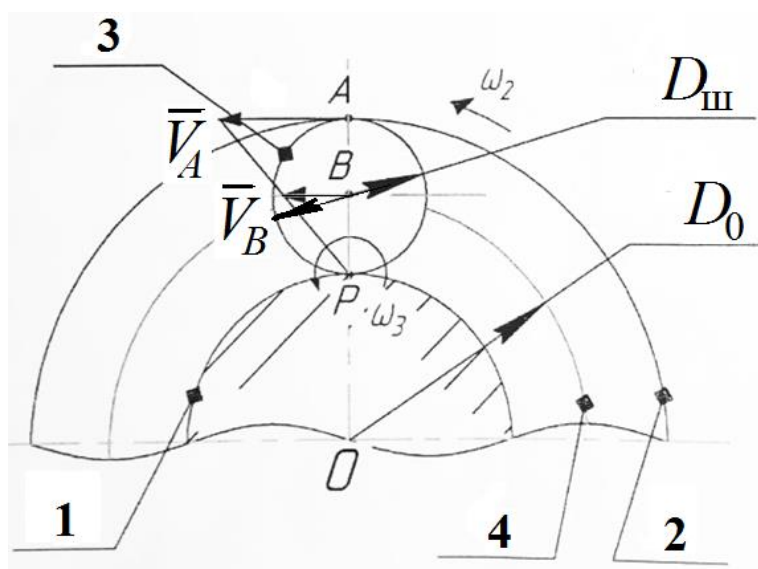


Рисунок 2

Для указанных движений колец определим частоты вращений всех тел, если внутреннее кольцо неподвижно, а частота вращения наружного кольца  $n_2$ .

При расчете кинематических характеристик радиального шарикоподшипника принимаются следующие величины: диаметр шариков  $D_{\text{ш}}$  и расстояние между осями двух диаметрально противоположных шариков  $D_0$ . За положительное направление принимается вращение против хода часовой стрелки.

Определим скорость точки  $A$  шарика

$$V_A = \omega_2 R_2 = \omega_2 (R_0 + R_{\text{ш}}) = \frac{\omega_2 (D_0 + D_{\text{ш}})}{2}.$$

По теории плоского движения мгновенный центр скоростей (МЦС) шарика находится в точке  $P$ . Тогда скорости точек  $A$  и  $B$  прямопропорциональны расстояниям от этих точек до МЦС и угловая скорость шарика определяется по формуле

$$\omega_3 = \frac{V_A}{AP} = \frac{V_B}{BP}.$$

Из последнего равенства определим скорость точки  $B$

$$V_B = \frac{V_A}{2} = \frac{\omega_2 (D_0 + D_{\text{ш}})}{4}.$$

Угловая скорость сепаратора определяется по формуле

$$\omega_4 = \frac{V_B}{BO} = \frac{V_B}{D_0/2} = \frac{\omega_2 (D_0 + D_{\text{ш}})}{2D_0}$$

и соответственно частота вращения сепаратора равна

$$n_4 = \frac{n_2 (D_0 + D_{\text{ш}})}{2D_0}.$$

Определим частоту вращения сепаратора относительно внутреннего кольца  $n_{41}$  по формуле

$$n_4 = n_{41} + n_1.$$

Так как внутренне кольцо неподвижно, то его частота вращения равна нулю ( $n_1 = 0$ ), следовательно

$$n_4 = n_{41} = \frac{n_2 (D_0 + D_{\text{ш}})}{2D_0}.$$

Определим частоту вращения наружного кольца относительно сепаратора  $n_{24}$  по формуле

$$n_{24} = n_2 - n_4,$$

подставляя  $n_4$ , получим

$$n_{24} = n_2 - n_2 \frac{(D_0 + D_{\text{ш}})}{2D_0} = n_2 \left( 1 - \frac{(D_0 + D_{\text{ш}})}{2D_0} \right) = n_2 \left( \frac{(2D_0 - D_0 - D_{\text{ш}})}{2D_0} \right) = n_2 \frac{(D_0 - D_{\text{ш}})}{2D_0}.$$

Определим частоту вращения шарика вокруг своей оси  $n_{34}$  по формуле

$$n_{34} = n_3 - n_4.$$

Согласно формуле Виллиса имеем

$$\frac{n_2 - n_4}{n_3 - n_4} = (-1)^0 \cdot \frac{R_3}{R_2} = \frac{D_{\text{ш}}}{D_0 + D_{\text{ш}}}.$$

И тогда

$$n_3 - n_4 = n_{34} = \frac{D_0 + D_{\text{ш}}}{D_{\text{ш}}} (n_2 - n_4) = \frac{D_0 + D_{\text{ш}}}{D_{\text{ш}}} n_2 \frac{D_0 - D_{\text{ш}}}{2D_0} = n_2 \frac{D_0^2 - D_{\text{ш}}^2}{2D_0 D_{\text{ш}}}.$$

Таким образом можно определить частоты вращений всех тел, используя теорию плоского и сложного движения твердого тела из курса учебной дисциплины «Теоретическая механика».

### Литература

1. Бутенин, Н. В. Курс теоретической механики : учебное пособие / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. – 12-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 732 с.
2. Миткевич, С. И. Сборник задач по разделу «Кинематика» курса «Теоретическая механика» / С. И. Миткевич, Г. И. Беляева. – Минск : БПИ, 1985. – 21 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. – Т. 1 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 496 с.: ил.

4. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. – Т. 2. – 9-е изд., перераб. и доп. / под ред. И. Н. Жестковой. – М. : Машиностроение, 2006. – 960 с.