

**К АНАЛИЗУ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ
ВРАЩАЮЩЕГОСЯ КОЛЬЦА-АНАЛОГА СЕПАРАТОРА
ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ**

©2016 Б.М. Силаев, А.В. Суслин, П.А. Даниленко

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

**ON THE MOVEMENT BUCKLING ANALYSIS OF THE REVOLVING RING – AS AN
ANALOGY OF BEARING CAGE**

Silaeв B.M., Suslin A.V., Danilenko P.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

Has been studied the spatial rotational motion of an equivalent ring in a high-speed rolling bearing, as well as its influence on the bearing impulse due to the interaction with the balls. After calculating the change in the angular velocity, caused by the external instant impulses and the short-term interaction, it is possible to determine the forces between the ring-separator and the balls.

В работе рассматривается сложное движение сепаратора подшипника качения. Он совершает пространственное вращательное движение с некоторой расцентровкой из-за наличия зазоров по телам качения и между наружным и внутренним кольцами подшипника. В результате возникает сплошное взаимодействие тел качения с сепаратором. Известно, что в нагруженной зоне подшипника тела качения ведут сепаратор, а в ненагруженной зоне сепаратор ведёт тела качения. То есть имеет место резкая смена контактирования тел качения в гнёздах сепаратора. Особенно это влияние будет усиливаться с ростом частоты вращения (в высокоскоростных подшипниках). В результате в ненагруженной зоне будут возникать импульсные реакции от воздействия тел качения на сепаратор. Оценке этого взаимодействия посвящена эта работа.

Рассмотрим сложное пространственное движение кольца вокруг оси – точки О, не совпадающей с его центром масс – точкой С (рис. 1). Кольцо будет испытывать нагружение из-за дисбаланса. В точке А приложим к детали внешний мгновенный импульс, который повлияет на приращение скорости центра масс и угловой скорости. В результате в точке А возникнет импульсная реакция наложенных связей.

Для расчёта импульса рассмотрим движение кольца с центром в точке О. Систему координат разместим в центре масс – точке С. Координаты точек $x_0, y_0, z_0, x_A, y_A, z_A$ будем считать известными величинами. Угловая скорость кольца до приложения им-

пульса в точке А была ω_0 , а после приложения импульса ω .

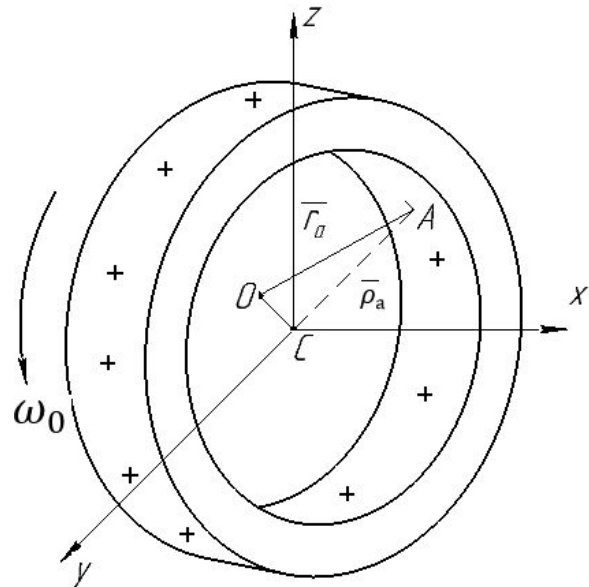


Рис. 1. К анализу устойчивости движения сепаратора подшипника качения

Примем, что \vec{v}_0 – скорость центра масс кольца до приложения импульса в точке А, \vec{S}_A – импульсная реакция существующей связи в точке О.

Согласно теореме о движении центра масс в векторной форме будем иметь:

$$\vec{S}_A = m \dot{\vec{v}}_0 \quad (1)$$

В координатной форме уравнение будет иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} -m\omega_y z_A - \omega_z y_A &= S_{Ax} \\ -m\omega_z x_A - \omega_x z_A &= S_{Ay} \\ -m\omega_x y_A - \omega_y x_A &= S_{Az} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Теорема об изменении момента импульса, записанная для центра масс системы, даёт ещё три уравнения:

$$\left. \begin{aligned} I_x \cdot (\omega_x - \omega_{x_0}) &= z_A S_{A_y} - y_A S_{A_z} \\ I_y \cdot (\omega_y - \omega_{y_0}) &= x_A S_{A_z} - z_A S_{A_x} \\ I_z \cdot (\omega_z - \omega_{z_0}) &= y_A S_{A_x} - x_A S_{A_y} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Полученные шесть уравнений (2), (3) содержат шесть неизвестных проекций векторов $\omega_x, \omega_y, \omega_z, S_{A_x}, S_{A_y}, S_{A_z}$. Если в уравнениях (3) подставить значения $S_{A_x}, S_{A_y}, S_{A_z}$ из уравнений (2), то получим три уравнения с тремя неизвестными:

$$\left. \begin{aligned} \omega_x a_1 + \omega_y c_1 + \omega_z b_1 &= I_x \omega_{x_0} \\ \omega_x c_1 + \omega_y a_2 + \omega_z b_2 &= I_y \omega_{y_0} \\ \omega_x c_2 + \omega_y b_2 + \omega_z a_3 &= I_z \omega_{z_0} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где $a_1 = I_x - mZ_A^2 - my_A^2$,
 $b_1 = mX_A Z_A$,
 $c_1 = mX_A Y_A$,
 $b_2 = mY_A Z_A$,

$$\begin{aligned} c_2 &= mX_A Z_A, \\ a_2 &= I_y + mX_A^2 - mZ_A^2, \\ a_3 &= I_z + mY_A^2 - mX_A^2. \end{aligned}$$

Определив $\omega_x, \omega_y, \omega_z$, можно по уравнениям (2) вычислить $S_{A_x}, S_{A_y}, S_{A_z}$.

Решение этой задачи можно применять к сепаратору высокоскоростных подшипников качения, когда тела качения воздействуют на сепаратор в ненагруженной зоне. Время воздействия τ можно принять, если тело качения проходит путь, равный одной четверти оборота. Таким образом, можно рассчитать импульсные реакции и виброхарактеристики сепаратора.

Библиографический список

1. Пановко Я.Г. Введение в теорию механического удара. – М: Наука, 1977. 244 с.
2. Тарт С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для втузов. – М: Высш. шк., 2006. 416 с.

УДК 621. 9. 015

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕЖЁСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ И КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

©2016 Е.С. Киселёв¹, О.В. Благовский²

¹Ульяновский государственный технический университет,

²АО "Ульяновский механический завод"

NEW TECHNOLOGIES OF MANUFACTURING NON-RIGID PARTS MADE OF TITANIUM ALLOYS AND STAINLESS STEELS

Kiselev E.S. (Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russian Federation)

Blagovskiy O.V. (Ulyanovsk mechanical plant, Ulyanovsk, Russian Federation)

This article represents results of research aimed at exception of lingering thermal operations of residual stresses relaxation in the manufacturing of non-rigid parts made of titanium alloys and stainless steels through the rational use of technological heredity phenomena and ultrasonic energy.

В настоящее время в конструкциях двигателей летательных аппаратов всё более широкое распространение получает использование нежестких деталей, исполнительные поверхности которых работают при повышенных температурах и в условиях знакопеременных нагрузок и агрессивных сред. В качестве материалов для таких деталей используются труднообрабатываемые коррозионностойкие и жаропрочные стали, а так-

же сплавы на основе титана и никеля. Так, доля титановых и жаропрочных сплавов в конструкции авиационных двигателей четвёртого поколения на 2006 год составляла порядка 89%.

Проблема обеспечения заданных эксплуатационных свойств при изготовлении нежестких деталей из труднообрабатываемых материалов, в которых возникающие из-за теплосилового напряжения и структур-