

**Кузьменко А.Г.,
Милятинский С.В.**

Хмельницкий национальный университет
г. Хмельницкий, Украина

**КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С
УЧЕТОМ ИЗНОСА ВНУТРЕННЕГО КОЛЬЦА
ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ И ОСИ СТУПИЦЫ
КОЛЕСА ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ.
СООБЩЕНИЕ 2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ ИЗНОСА**

2. Контакт внутреннего кольца подшипника и оси с учетом износа

Постановка задачи. При взаимодействии цилиндров рис. 2 [1] в точках проскальзывания, в зоне $\phi_s = (\phi_{s_1}, \phi_{s_2})$ происходит изнашивание контактных поверхностей. Допустим, что изнашивание происходит в установившемся режиме и описывается *степенной зависимостью интенсивности изнашивания* от пути трения для обеих поверхностей:

$$\frac{du_{w_1}}{ds_1} = k_{w_1} \sigma^{m_1}(s_1); \quad (2.1.1)$$

$$\frac{du_{w_2}}{ds_2} = k_{w_2} \sigma^{m_2}(s_2). \quad (2.1.2)$$

При известном законе изменения давлений от пути, можно записать интегральную форму зависимости:

$$u_{w_1} = \int_0^s k_{w_1} \sigma^{m_1}(s_1) ds_1; \quad (2.1.3)$$

$$u_{w_2} = \int_0^s k_{w_2} \sigma^{m_2}(s_2) ds_2, \quad (2.1.4)$$

где k_{w_1} и k_{w_2} – коэффициенты интенсивности изнашивания поверхностей;

m_1 и m_2 – показатели степени модели износа.

Приближенное решение задачи

1. В задаче *рассматриваются малые микропроскальзывания в контакте*, приводящие к износу. Малые перемещения в условиях возвратного-поступательного или возвратно-вращательного проскальзывания приводят к особому виду изнашивания - фреттинг-износу. Учитывая с одной стороны малость износа, с другой - необходимость его оценки, дальнейшее рассмотрение задачи выполним при следующих *допущениях*:

1) будем полагать, что ввиду малости износа изменение угла контакта в процессе изнашивания пренебрежимо мало:

$$\phi_{0s} = \phi_0 = \text{const}; \quad (2.1.5)$$

2) будем полагать, что изменения области проскальзывания ϕ_{0s}^+ , определяемой в начале процесса ($s = 0$), при изнашивании пренебрежимо мало:

$$\phi_{0s}^+ = (\phi_{s_1} \dots \phi_{s_2}) = \text{const}; \quad (2.1.6)$$

3) полагаем, что контактные давления $\sigma(\phi)$ и касательные усилия $\tau(\phi)$ останутся неизменными на протяжении всего процесса изнашивания;

4) при решении контактной задачи в начальный момент (без износа) по методике п.1.1 [1] будем полагать, что вторым слагаемым в условии равновесия (1.1.3) можно пренебречь (чем угол контакта меньше, тем это лучше согласуется с действительностью);

5) наконец, будем полагать, что износ при наличии проскальзывания описывается моделями типа (2.1.1) и (2.1.2).

2. С учетом признанных допущений, *решение контактной задачи на начальный момент изнашивания* может быть записано с использованием формул, полученных в [1]:

1) контактные давления по (1.1.19) [1]:

$$\sigma(\phi) = \frac{\Delta}{k_1 + k_2} (\sec \phi_0 \cos \phi - 1); \quad (2.1.7)$$

2) касательные усилия по (1.1.20) [1]:

$$\tau(\phi) = \frac{\Delta}{k_{1\tau} + k_{2\tau}} (\sec \phi_0 \cos \phi - 1) \operatorname{tg} \phi; \quad (2.1.8)$$

3) угол контакта определяется из уравнения:

$$\frac{Q(k_1 + k_2)}{R\Delta} = \phi_0 \sec \phi_0 - \sin \phi_0 \quad (2.1.9)$$

или приближенно:

$$\phi_0 = 1,13 \left(\frac{Q(k_1 + k_2)}{R\Delta} \right)^{1/3} - 0,13 \frac{Q(k_1 + k_2)}{R\Delta}; \quad (2.1.10)$$

4) область, в которой происходит проскальзывание, имеет границы:

$$\phi_{S_1} = \phi_0, \quad \phi_{S_2} = \operatorname{arctg}(f\xi), \quad (2.1.11)$$

где

$$\xi = (k_{1\tau} + k_{2\tau}) / (k_1 + k_2);$$

5) величина относительного проскальзывания или путь трения $s(\phi)$ за один цикл, определяемый по (1.1.31) [1], имеет вид:

$$s(\phi) = \Delta (\sec \phi_0 \cos \phi - 1) (\operatorname{tg} \phi - f\xi). \quad (2.1.12)$$

3. Если принять выписанные начальные условия, то *износ в зоне проскальзывания* с учетом (2.1.1) и (2.1.2) после интегрирования за один цикл нагружения $N = 1$ составит:

$$u_{w_1}^1(\phi, 1) = \frac{k_{w_1} \Delta^{m_1+1}}{(k_1 + k_2)^{m_1}} (\sec \phi_0 \cos \phi - 1)^{m_1+1} (\operatorname{tg} \phi - f\xi); \quad (2.1.13)$$

$$u_{w_2}^1(\phi, 1) = \frac{k_{w_2} \Delta^{m_2+1}}{(k_1 + k_2)^{m_2}} (\sec \phi_0 \cos \phi - 1)^{m_2+1} (\operatorname{tg} \phi - f\xi). \quad (2.1.14)$$

Общий износ после действия N циклов получаем умножением износа за один цикл на число циклов:

$$u_{w_1}^N(\phi, N) = u_{w_1}^1(\phi, 1) \cdot N; \quad (2.1.15)$$

$$u_{w_2}^N(\phi, N) = u_{w_2}^1(\phi, 1) \cdot N. \quad (2.1.16)$$

Общий износ в сопряжении:

$$u_w^N = u_{w_1}^N + u_{w_2}^N. \quad (2.1.17)$$

4. Если рассматривается контактирование шероховатых поверхностей, то необходимо в качестве исходных на начало процесса изнашивания взять зависимости, полученные в п.1.3 [1] с учетом податливости слоя шероховатостей по [2].

Выводы

Получены зависимости износа от параметров сопряжения: ось – внутреннее кольцо подшипника качения, которые могут быть использованы:

1) для расчета износа сопряжения, если известны параметры модели изнашивания k_{w_i} , m_i , $i = \overline{1,2}$;

2) для оценки параметров модели изнашивания k_{w_i} , m_i , если из эксперимента известна величина износа $u_{w_1}(\phi, N)$, $u_{w_2}(\phi, N)$.

Литература

1. Кузьменко А.Г. Контактное взаимодействие с учетом износа внутреннего кольца подшипника качения и оси ступицы колеса транспортной машины. Сообщение 1. Взаимодействие элементов без учета износа / А.Г. Кузьменко, С.В. Милятинский // Проблемы трибологии. – 2010. – №4. - С.105-116.

2. Левина З.М. Контактная жесткость машин / З.М. Левина, Д.Н. Решетов. - М.: Машиностроение, 1971. - 264 с.

Надійшла 12.01.2011