

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ КОНТАКТЕ РОЛИКОВ С ОБРАЗУЮЩЕЙ БОЧКООБРАЗНОЙ ФОРМЫ

Е. В. Зиновьева

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель В. В. Комраков

Введение. Испытания для определения характеристик изнашивания материалов, как правило, проводят по схеме контакта ролик-ролик. При этом ролики обычно изготавливают цилиндрической формы. Характеристики изнашивания определяют по скорости изменения массы или толщины образцов. Эти изменения обычно чрезвычайно малы при приемлемом времени проведения эксперимента.

Более точно износ можно определить методами, основанными на измерениях размеров площадки контакта, образованной в процессе износа. Для этого необходимо использовать схемы испытаний с точечным начальным контактом контртел.

Цель работы. Разработка метода определения триботехнических характеристик материалов зубчатых колес с использованием стандартных роликовых машин трения, а также оценка влияния радиуса образующей ролика на его износостойкость.

Методика исследования. Для определения триботехнических характеристик материалов зубчатых колес были изготовлены ролики из стали 45 различных радиусов и с различными радиусами бочкообразной образующей. При этом радиус образующей в несколько раз больше радиуса ролика. Испытания роликов проводились на машине трения СМТ–1 по схеме контакта ролик–ролик качение с проскальзыванием. Во время испытаний применялась смазка окунанием нижнего ролика в емкость с маслом И-40. При этом линейная скорость роликов составляла 0,15–0,3 м/с; нагрузка на ролики изменялась от 50 до 250 Н; время испытаний каждой пары роликов составило около 20 ч.

Рассмотрим трибоузел, состоящий из двух роликов с бочкообразными образующими (рис. 1). В этом случае имеем первоначальный точечный контакт, который при приложении силы P переходит в эллиптическую площадку контакта.

Интегральное уравнение, описывающее распределение давления по площадке контакта имеет вид [1]:

$$\left(\delta - \frac{x^2}{2R_1} - \frac{y^2}{2R_2} \right) = \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2\pi} \iint_{\Omega} \frac{1}{R} p(x_1, y_1) dx_1 dy_1, \quad (x, y) \in \Omega; \quad (1)$$

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R'_1} + \frac{1}{R''_1}, \quad \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R'_2} + \frac{1}{R''_2}. \quad (2)$$

Решение уравнения (1) описывается группой выражений:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{K(e) - E(e)}{\frac{1}{1-e^2} E(e) - K(e)}; \quad (3)$$

$$a = \left\{ \frac{3}{2\pi} (\vartheta_1 + \vartheta_2) R_1 P \frac{1}{e^2} [K(e) - E(e)] \right\}^{1/3}; \quad (4)$$

$$b = a \sqrt{1 - e^2}; \quad (5)$$

$$\delta = \frac{3}{4} p_c (\vartheta_1 + \vartheta_2) b K(e); \quad (6)$$

$$p(x, y) = \frac{3}{2} p_c \left(1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} \right)^{1/2}, \quad (7)$$

где $p_c = \frac{P}{\pi a b} = \frac{P}{\pi a^2 \sqrt{1 - e^2}}$.

Здесь $K(e)$, $E(e)$ – полные эллиптические интегралы.

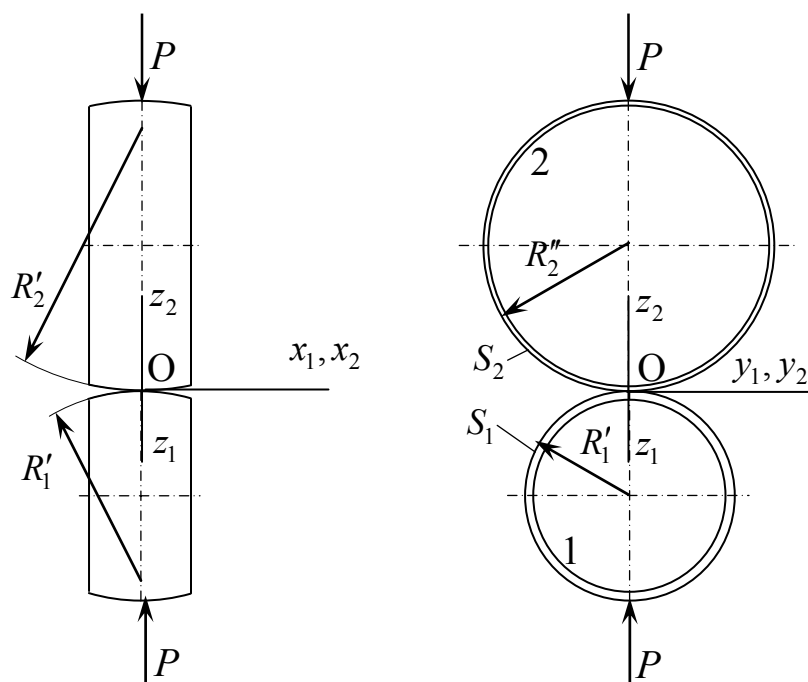


Рис. 1

Интенсивность изнашивания роликов в случае их качения с проскальзыванием можно определить по формуле [2]:

$$I = k \cdot p(x, y) \lambda^{\beta} / E. \quad (8)$$

Во время вращения роликов площадка контакта занимает ряд положений на бочкообразных поверхностях роликов, которые выстраиваются в дорожку шириной $2a$. На этой дорожке происходит износ ролика. Поэтому назовем ее дорожкой износа. Точки с максимальной величиной износа располагаются в центре дорожки, по краям дорожки износ равен нулю.

При изнашивании роликов считаем, что в каждый момент времени значения радиусов R'_1 и R'_2 постоянны, но с течением времени увеличиваются.

Чтобы перейти от решения задачи о распределении давления по площадке контакта (1)–(7) к износоконтактной задаче необходимо:

- из выражений (2)–(4), (6) найти распределение контактных давлений на площадке контакта;
- через время испытаний роликов Δt определить изменение ширины дорожки износа;
- определить значения R'_1 , R'_2 , R''_1 , R''_2 ;
- подставить эти значения в формулы (1)–(7) для определения износа через время Δt .

Через равные промежутки времени на микроскопе ПМТ–3 измеряем ширину дорожки износа, которая является большей осью эллиптической площадки контакта. При этом изменению ширины дорожки на одну сотую миллиметра соответствует величине износа в точке первоначального контакта роликов несколько десятых долей микрометра.

Результаты исследований. По результатам эксперимента построено семейство графиков изменения ширины дорожки износа от времени при различных нагрузках и проскальзывании роликов (рис. 2).

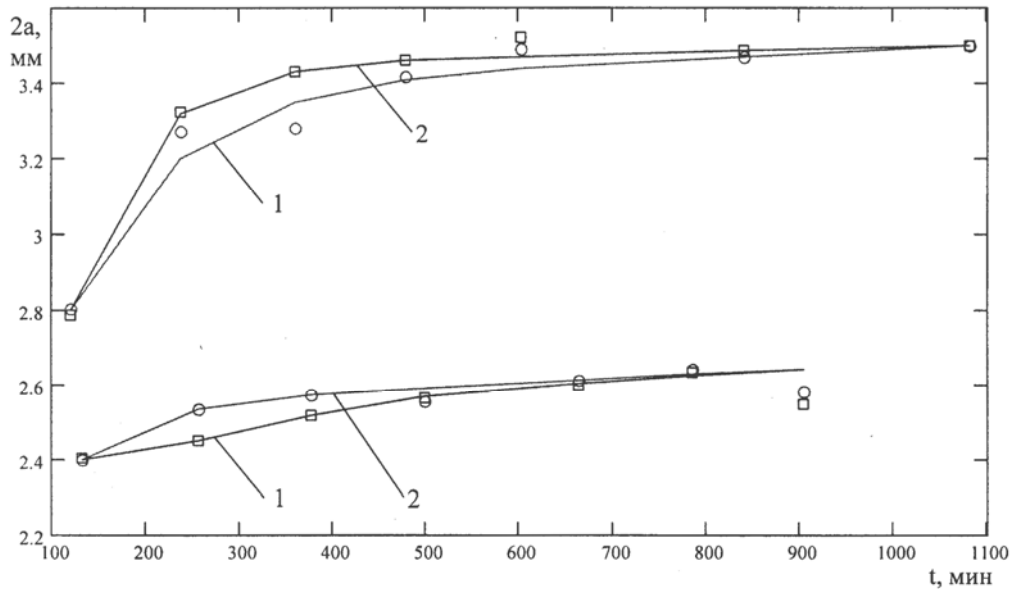


Рис. 2. График зависимости ширины дорожки износа от времени испытаний

Из рис. 2 видно, что характер износа роликов имеет следующие закономерности. В процессе работы пары трения можно различить две стадии: а) стадия приработки; б) стадия установившегося износа. Причем ролик с меньшей линейной скоростью (кривая 1) испытывает меньший износ в отличие от ролика с большей скоростью (кривая 2), т. е. ширина дорожек износа контртел на стадии приработки различается. На стадии установившегося износа ролики изнашивались одинаково, ширина дорожек износа практически совпадает. На этой стадии износа определялись характеристики износа, входящие в выражение (8): k , β . Для определения характеристик износа использовалось аналитическое решение этой задачи основанное на выражениях (1)–(7). В результате было получено выражение интенсивности износа:

$$I = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot p(x, y) \lambda^{3.1} / E. \quad (9)$$

Причем это выражение справедливо для различных нагрузок, размеров роликов и при различном проскальзывании трущихся тел, изготовленных из стали 45 при трении качения с проскальзыванием со смазкой И-40А.

Выводы. Рассматриваемая методика позволяет более точно определить характеристики изнашивания материалов роликов за меньшее время испытаний.

Полученные результаты позволяют прогнозировать работу подвижных сопряжений элементов высших кинематических пар без проведения натурных испытаний.

Литература

1. Бородачев, Н. М. Решение задачи Герца с учетом изнашивания / Н. М. Бородачев, Г. П. Тариков, В. В. Комраков // Трение и износ. – 2003. – № 6. – С. 16–23.
2. Жаров, И. А. Новые подходы к определению трибологических параметров пятен контакта колес и рельсов / И. А. Жаров // Трение и износ. – 2000. – № 6. – С. 593–599.