

УДК 625.282-843.6

Л.Н. БОНДАРЕНКО, канд. техн. наук (ДНУЖТ),  
А.Д. ЖАКОВСКИЙ, канд. техн. наук (директор  
ГП ДОСЖТ), Р.С. МЫЦКО, канд. техн. наук  
(зам. директора ГП ДОСЖТ), Н.П. ЯНГУЛОВ,  
канд. техн. наук (директор ГП НИЦ ТТС), Днепропетровск, Украина

## Зависимость сопротивления качению колеса от степени изнашивания поверхности катания бандажа и головки рельса

*Ключевые слова:* сопротивление качению, износ, поверхность катания.

*Вступление.* В существующих литературных источниках [1] размеры полуосей пятна контакта в направлении движения колеса ( $b$ ) и перпендикулярно к нему ( $a$ ) для новых колес и рельс определяются из известной формулы теории контактных деформаций Герца. В направлении движения

$$b = m \sqrt[3]{\frac{3(1-\mu^2)PR_K R_p}{E(R_K + R_p)}}, \quad (1)$$

где  $m$  — коэффициент, зависящий от угла  $\phi$ , определяемого из соотношения  $\cos\phi = |R_K - R_p| / (R_K + R_p)$ ;  $P$  — нагрузка на колесо;  $R_K, R_p$  — радиусы колеса и головки рельса;  $E$  — модули упругости материалов колеса и рельса;  $\mu$  — коэффициент Пуассона материалов.

В процессе эксплуатации профиль поверхности катания бандажей приближается к очертанию головок рельсов и контакт происходит не в точке, как в предыдущем случае, а по линии и

$$b = 1,526 \sqrt{\frac{PR_K}{BE}}, \quad (2)$$

где  $B$  — длина пятна контакта.

Величина  $a$  и  $b$  в (1) и (2) находятся для определения нормальных и касательных напряжений в середине контактной площадки.

В [2] доказано, что зная величину  $b$  можно определить коэффициент трения качения  $k$ , а, следовательно, и сопротивление качению колеса при первоначальных точечном и линейном контактах.

При первоначальном точечном контакте в [2]  $k$  получена такая зависимость:

$$k = \alpha \frac{3b}{16}, \quad (3)$$

при первоначальном линейном контакте

$$k = \alpha \frac{2b}{3\pi}, \quad (4)$$

где  $\alpha$  — коэффициент гистерезисных потерь.

*Материал исследований.* К сожалению не существует методик определения  $\alpha$  и эти формулы не используются в инженерной практике.

В [3] получены экспериментально-аналитические зависимости для определения коэффициента трения качения, содержащие только общепринятые геометрические и механические константы материалов колеса и рельса.

Соответственно (3) и (4) формулы в [3] имеют вид:

$$k = 0,225be^{-1,2R_k}, \quad (5)$$

$$k = 0,16be^{0,2R_k}, \quad (6)$$

где  $b$  — в метрах. Не тяжело убедиться, что коэффициент гистерезисных потерь с точностью, достаточной для такого класса задач, определяется экспонентой в формулах (5) и (6).

Величина коэффициента трения качения при  $P=100$  кН;  $R_p=300$  мм;  $R_k=525$  мм;  $E=2,1 \cdot 10^5$  МПа;  $\mu=0,3$  составит  $k=1,36$  мм, а сопротивление качению колеса  $W=259$  Н.

В этом же источнике получено, что до  $a \approx 5$  мм контакт точечный, а при  $a > 5$  мм и до  $a=35$  мм — линейный.

Зависимости коэффициента трения качения и сопротивления качению колеса от  $b$  получены на рис. 1.

Анализ проведенных расчетов и графиков на рис. 1 позволяет сделать такие *выводы*:

коэффициент трения качения, а, следовательно, и сопротивление качению колеса, мощность на преодоление качения уменьшается с увеличением ширины площадки контакта вследствие изнашивания;

разница между сопротивлением качению колеса по изношенному рельсу при  $a=35$  мм меньше, чем по новому, достигая 47 %.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкция и динамика тепловозов / Под ред. Иванова В.Н. — М.: Транспорт, 1974. — 336 с.
2. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. — М.: Мир, 1989. — 510 с.
3. Бондаренко Л.М., Довбня М.П., Ловейкин В.С. Деформаційні опори в машинах. — Дніпропетровськ: Дніпро-VAL, 2002. — 200 с.

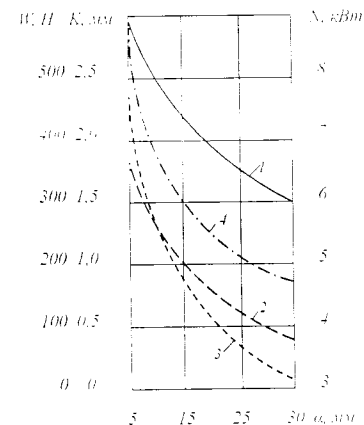


Рис. 1. Зависимости от ширины площадки контакта изношенных бандажей и рельсов: 1 — коэффициента трения качения; 2 — сопротивления качению; 3 — мощности на преодоление сопротивления качению при  $v=60$  км/ч; 4 — сопротивления качению нового колеса по новому рельсу.