

**В.Г. МАСЛИЕВ**, докт. техн. наук

## РАСЧЕТ СКОРОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ ГРЕБНЕЙ КОЛЕС ОТНОСИТЕЛЬНО РЕЛЬСОВ

В статті запропоновано уточнені аналітичні залежності для розрахунку векторів швидкостей ковзання гребенів коліс рухомого складу щодо бічної грані рейки при русі по колії.

In clause the specified analytical dependences for calculation of vectors of speeds of sliding of flanges of wheels of a rolling stock on a lateral side of a rail are offered at movement on a railway.

Проблема износа гребней колес на железнодорожном транспорте остается актуальной. Исследования показали, что на износ гребней влияет, в частности, коэффициент трения, который является функцией скорости скольжения на контакте гребня с рельсом. В работе [1] приведены аналитические зависимости для скорости скольжения гребня колеса как вектора, компонентами которого являются продольное, вертикальное и поперечное скольжения. Эти зависимости составлены для вагонов, а для тягового подвижного состава они требуют развития. В данной статье сделана попытка составления аналитической зависимости для вектора скорости скольжения гребня по боковой грани рельса для локомотива, движущегося в режиме тяги, когда может наблюдаться буксование колес. Обычно находят скольжение точки  $A$  на гребне (см. рис.), расположенной ниже плоскости пути на величину  $h_{\Gamma}$  и учитывают “забег”  $X_{\Gamma} = (r_0 + h_{\Gamma}) \operatorname{tg} \theta_{\Gamma} \operatorname{tg} \delta_{\Gamma}$ , где  $\delta_{\Gamma} = X_{\Pi}/R$  – угол набегания гребня на рельс;  $X_{\Pi}$  – полюсное расстояние тележки;  $R$  – радиус кривой.

Вектор скорости скольжения гребня в плоскости, касательной к конечной поверхности гребня и его модуль с учетом поперечного скольжения  $\bar{U}_{\Pi}$ , предлагается искать в следующем виде:

$$\bar{V}_{\Gamma} = \bar{V}_1 + \bar{V}_2 + \bar{U}_{\Pi}, \quad (1)$$

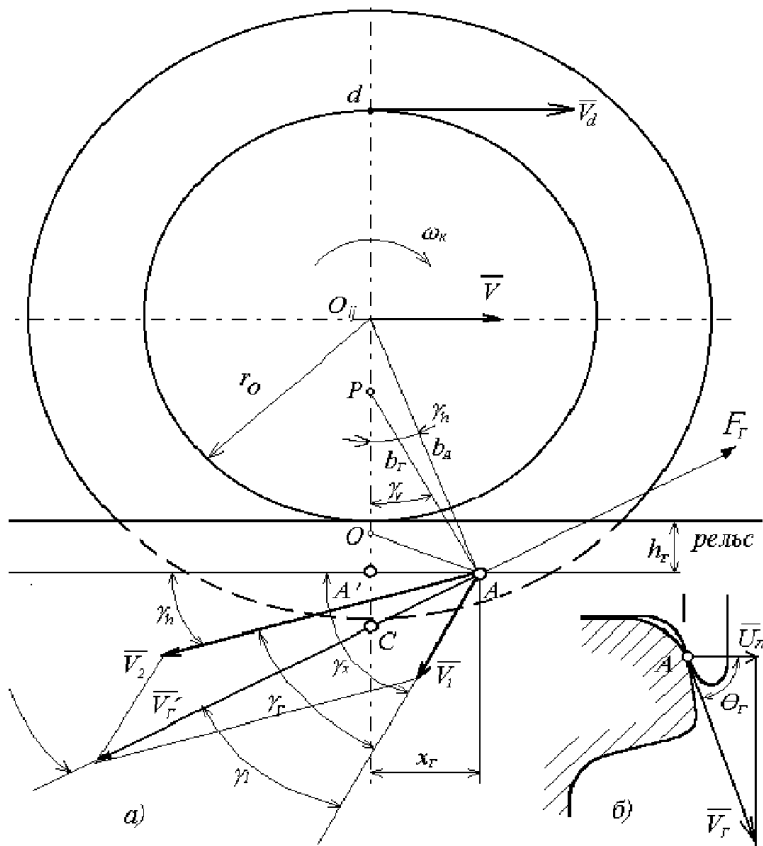
$$V_{\Gamma} = \sqrt{V'_{\Gamma}{}^2 + U_{\Pi}^2} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 - 2V_1 V_2 \cos \gamma_{\Gamma} + U_{\Pi}^2}, \quad (2)$$

где  $\bar{V}_1$  – скорость скольжения гребня при вращении колеса относительно мгновенной оси  $O$ ;  $\bar{V}_2$  – скорость скольжения гребня при вращении колеса относительно оси  $O_{ij}$  (буксование колеса).

Угол между векторами  $\bar{V}_1$  и  $\bar{V}_2$  равен  $\gamma_{\Gamma} = \gamma_x - \gamma_h$ , где:

$$\gamma_x = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{h_{\Gamma}}{x_{\Gamma}}; \quad \text{из треугольника } A A' O_{ij}; \quad \gamma_h = \operatorname{arctg} x_{\Gamma} / (r_0 + h_{\Gamma}).$$

$$\gamma_{\Gamma} = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{h_{\Gamma}}{x_{\Gamma}} - \operatorname{arctg} \frac{x_{\Gamma}}{r_0 + h_{\Gamma}}. \quad (3)$$



Вектор скорости скольжения гребня по рельсу

Как пример, найдем угол  $\gamma_r$  для тепловоза на трехосных тележках при движении по кривой радиусом 350 м при  $r_0 = 0,525$  м,  $h_r = 0,015$  м,  $\theta_r = 70^\circ$ ,  $\delta_r = 3/350 = 0,0086$  рад:

$$\gamma_r = \pi/2 - 0,87 - 0,024 = 0,068 \text{ рад} \approx 39^\circ.$$

Отсюда видно, что угол  $\gamma_n$  мал и можно считать, что  $\vec{V}_2$  лежит в плоскости пути. Вектор  $\vec{V}_1$  образует с плоскостью пути угол  $\gamma_x = 0,87 \text{ рад} \approx 50^\circ$ , т.е. значительно меньше, чем  $90^\circ$ . Поэтому мы ввели в (1) вместо вертикальной компоненты вектор  $\vec{V}_1$ , модуль которого  $\omega_0 \sqrt{h_r^2 + x_r^2}$ . Модуль вектора скорости скольжения, обусловленный буксованием колес, равен  $V_2 = \omega_2 b_A$ . Вектор поперечного скольжения гребня  $\vec{U}_\pi = \vec{V} \sin \delta_r$ . Здесь  $\omega_0$  – угловая скорость колесной пары при вращении относительно мгновенной оси O:

$\omega_0 = \sqrt{\omega_k^2 + \Omega^2}$ , где  $\omega_k$ ,  $\Omega$  – угловые скорости вращения колесной пары относительно собственной оси и центра кривой – соответственно.

Экспериментально установлено [2], что следы износа на рельсах располагаются под углом  $30... 60^\circ$  к плоскости пути, что подтверждает справедливость зависимости (1).

Величину  $b_A$  найдем из треугольника  $A'O_{ij}$ :

$$b_A = AO_{ij} = \sqrt{(r_0 + h_r)^2 + x_T^2}.$$

Угол наклона к плоскости пути вектора  $\overline{V}_T$  близок по величине к углу  $\gamma$ , наклона вектора  $\overline{V}_T'$ ;

$$\gamma_s = \gamma_s - \gamma_l, \quad (4)$$

где угол  $\gamma_l$  найдем по теореме синусов из треугольника, образованного векторами  $\overline{V}_T'$ ,  $\overline{V}_2$  и линией, соединяющей их концы

$$\gamma_l = \arcsin[(V_2/V_T') \sin(180^\circ - \gamma_s)].$$

**Выводы.** Предложены аналитические зависимости для скорости скольжения гребня колеса относительно боковой грани рельса и угла ее наклона к плоскости пути с учетом буксования колес. Полученные результаты применимы в математических моделях, описывающих взаимодействие колеса с рельсом.

**Список литературы:** 1. Андреевский С.М. Боковой износ рельсов на кривых: / Труды ВНИИЖТ. – М.: 1961. – Вып. 207. – 126 с. 2. Жаров И.А., Комаровский И.А., Захаров С.М. Моделирование изнашивания пары гребень колеса - боковая поверхность рельса в кривых малого радиуса // Вестник ВНИИЖТ. – М.: 1998. – № 2. – С. 15-18.

*Поступила в редакцию 07.04.2003*

УДК 539.3

**О.К.МОРАЧКОВСКИЙ**, докт.техн.наук, **В.Н.СОБОЛЬ**

## **МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОЛЗУЧЕСТИ ТЕЛ НА ОСНОВЕ СМЕШАННОГО ВАРИАЦИОННОГО ПРИНЦИПА**

У статті сформульовані постановка задачі повзучості просторових тіл та варіаційний принцип для змішаного функціоналу, що для відомих у довільний час деформацій повзучості є заданим на незалежно варіюваних функціях переміщень та напружень. Запропоновано чисельний метод для розв'язання початково-крайових задач повзучості тіл, у якому сумісно застосовані метод Рунге-Кутта-Мерсона із автоматизованим вибором кроку для продовження деформацій повзучості та пошкоджень у часі та метод теорії R-функцій для пошуку стаціонарних точок змішаного функціоналу, що відповідає сформульованому варіаційному принципу. Надані числові дані за дослідженням збіжності наближених розв'язків при варіюванні кількістю вільних компонентів в структурах розв'язків та точністю інтегрування рівнянь стану повзучості на прикладі тіл обертаючої.