

УДК 539.3

Контактная задача о качении с проскальзыванием колеса по рельсу при наличии промежуточного вязкоупругого слоя

А.Р. Мифтахова

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Для уменьшения износа и потерь энергии на участке взаимодействия колеса и рельса широко применяются различные модификаторы трения. Промежуточный слой смазочного материала позволяет управлять характеристиками трения с целью увеличения эффективности взаимодействия системы.

Рассматривается задача в трехмерной постановке о качении упругого колеса по упругому рельсу, на поверхности которого находится тонкий слой промежуточной среды, характеристики которой в касательном к поверхности рельса направлении описываются вязкоупругим телом Кельвина. Цель исследования – определить распределение касательных напряжений на площадке контакта и расположение зон проскальзывания и сцепления.

Предполагается, что зона контактного взаимодействия колеса с рельсом – круговая, и распределение в ней контактных давлений определяется из решения задачи о контакте упругих тел, т.е.

$$p(r) = p_0 \sqrt{a^2 - r^2}, \quad (1)$$

где p_0 – максимальное давление в области контакта, a – ширина области контакта.

Тангенциальная податливость промежуточного слоя описывается с помощью одномерной модели Кельвина, обладающей ограниченной ползучестью.

$$u_3 - T_\varepsilon V \frac{\partial u_3}{\partial x} = \frac{h}{E_L} \left(\tau - T_\sigma V \frac{\partial \tau}{\partial x} \right), \quad (2)$$

где u_3 – тангенциальные перемещения вязкоупругого слоя, T_ε и T_σ – времена последствия и релаксации, E_L – длительный модуль упругости. V – линейная скорость перемещения колеса по рельсу. Для определения распределения тангенциальных напряжений используются следующие граничные условия на верхней границе слоя, контактирующей с колесом:

$$|\tau(x)| = \mu p(x), \quad \frac{du_3}{dx} = \frac{V - \omega R}{V}, \quad x \in \Omega_{ck}, \quad (3)$$

$$|\tau(x)| \leq \mu p(x), \quad x \in \Omega_{cц}. \quad (4)$$

Нижняя граница слоя сцеплена с поверхностью рельса. Для нахождения функций касательного напряжения в области контакта колеса и основания используется метод полос, который описан в [1] Хейнсом и Оллертоном. Суть метода заключается в разбиении области контакта на полосы, ориентированные вдоль движения индентора. Таким образом, вместо исходной пространственной задачи решается система плоских задач при условии, что полосы не влияют друг на друга. В каждой полосе нормальные напряжения считаются распределенными по Герцу:

$$p_i(r) = p_0^i \sqrt{a_i^2 - r^2}, \quad (5)$$

где p_0^i – максимальное давление в i -ой полосе, определяемое на основании выражения (1), a_i – полуширина площадки контакта для i -ой полосы. Для определения распределения касательных напряжений в каждой полосе решались уравнения (2) с граничными условиями (3) и (4).

В ходе исследования были получены распределения касательных перемещений и напряжений в области контакта и определены границы зон сцепления и проскальзывания при заданных нормальных напряжениях.

Литература

1. *Haines D.J., Ollerton E.* Contact stress distribution on elliptical contact surfaces to radial and tangential forces. – Proc. Inst. Mech. Engrs., 1963. – p. 95.
2. *Горячева. И.Г* Механика фрикционного взаимодействия. – М.: Наука, 2001. – 480с.
3. *Мифтахова А.Р.* Решение задачи о качении цилиндра по вязкоупругому слою, описываемому моделью Кельвина // Труды международной молодежной научной конференции “XLI Гагаринские чтения”. – 2015. – Т. 3. – С. 259.