

4. Tire modelling and simulation thesis [Electronic resource]. – 2016. – Mode of access: <https://ru.scribd.com/document/99085614/tire-modelling-and-simulation-thesis>. – Date of access: 24.07.2018.

5. Мариев, П. Л. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П. Л. Мариев, А. А. Кулешов, А. Н. Егоров, И. В. Зырянов. – СПб. : Наука, 2004. – 429 с.

6. ОАО «БЕЛАЗ» // Характеристики серии Белаз-7571 [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа <https://belaz.by/products/products-belaz/dumpers/dump-trucks-with-electromechanical-transmission/dumpers-series-7571/> – Дата доступа: 16.04.2021г.

Представлено 26.05.2021

УДК 629.113

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТАНГЕНЦИАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ НЕРОВНОЙ ДОРОГИ НА КОЛЕСА АВТОМОБИЛЯ

TO DETERMINING THE TANGENTIAL REACTIONS OF THE UNEVEN ROAD ON THE CAR WHEELS

В. М. Поляков, канд. техн. наук, доц.,

С. М. Шарай, канд. техн. наук, доц.,

А. А. Разбойников, канд. техн. наук, асс.,

Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина

V. Poliakov, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

S. Sharai, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

A. Razboynikov, Ph.D. in Engineering, Assistant,

National Transport University, Kiev, Ukraine

Предложена методика определения тангенциальных реакций дороги на колеса автомобиля. Она позволяет учитывать свойства шины, ее скольжение и отрыв от неровной дороги.

A method for determining the tangential reactions of the road on the car wheels is proposed. It allows to take into account properties of the tire, its sliding and separation from uneven road.

Ключевые слова: неровная дорога, коэффициент трения, шина, радиус качения, автомобиль.

Keywords: uneven road, friction coefficients, tire, rolling radius, car.

ВВЕДЕНИЕ

При движении автомобиля по неровной дороге (даже с постоянной скоростью) его колеса могут испытывать угловые ускорения. Это будет сопровождаться действием инерционных моментов, которые влияют на тангенциальные реакции дороги [1].

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТАНГЕНЦИАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ НЕРОВНОЙ ДОРОГИ НА КОЛЕСА АВТОМОБИЛЯ

Заменив взаимодействие элементов ходовой части автомобиля силами взаимосвязи (рисунок 1), на основе сведений из работы [2], составлено уравнение вращательного движения колеса:

$$J_k \cdot \dot{\omega}_k = M_k - R_n \cdot a_{ш} - R_t \cdot r_d, \quad (1)$$

где J_k – моменты инерции колеса автомобиля относительно оси его вращения, кг/м²; ω_k – угловая скорость вращения колеса автомобиля, рад/с; M_k – момент на колесе (крутящий или тормозной), Н·м; R_n , R_t – соответственно нормальная и тангенциальная реакции дороги на колесо автомобиля, Н; $a_{ш}$, r_d – соответственно снос нормальной реакции R_n на колесо автомобиля и его динамический радиус, м.

С одной стороны, радиус качения колеса (r_k) зависит от кинематических параметров движения ($r_k = v_k / \omega_k$). Угловая скорость вращения колеса (ω_k) определяется из уравнения (1), а его поступательная скорость (v_k) – геометрической суммой проекций скорости его центра (V). С другой стороны, изменение радиуса качения (r_k)

зависит от тангенциальной реакции дороги (R_τ) или момента на колесе (M_K) [3].

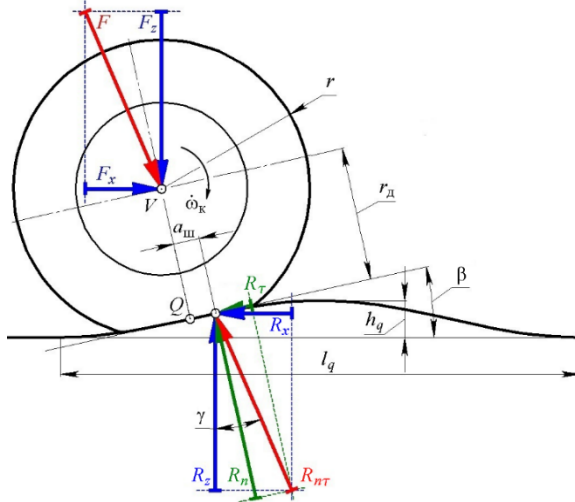


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на колесо автомобиля при его качении по дорожной неровности гармоничного профиля

Указанные зависимости в [4] записано

$$r_{\kappa} = r_{\kappa}^0 + \lambda_{\tau} \cdot R_{\tau}; r_{\kappa} = r_{\kappa}^0 + \lambda_M \cdot M_K, \quad (2)$$

где r_{κ}^0 – радиус качения колеса в свободном режиме, м; λ_{τ} , λ_M – коэффициент тангенциальной эластичности шины соответственно по силе (м/Н) и по моменту (м/(Н·м)).

Но, как отмечают авторы работы [5]: «...за 60 лет шины сильно изменились» (в указанной работе авторы предполагают, что значения коэффициентов тангенциальной эластичности шин (входят в (2)), определены с рисунков 3 и 4 монографии Е.А Чудакова [4] 1950 года и переходят из одного учебника в другой).

В работах [2, 6] также используется коэффициент окружной жесткости шины $c_{ш}^0$, который для легковых автомобилей нахо-

дится в пределах от 70000 Н·м/м до 100000 Н·м/м, а радиус качения записан как

$$r_k = r_k^0 - M_k / c_{ш}^0 .$$

С учетом рекомендаций А.С. Литвинова: «... изменение радиуса качения следует связывать не с величиной и направлением момента, приложенного к колесу, а с величиной и направлением касательной реакции...» [5], а также на основе сведений из работ [2, 6] тангенциальную реакцию дороги запишем как

$$R_\tau = c_{ш}^0 \cdot (r_k^0 - r_k) / r_d .$$

Следует отметить, что полученное уравнение справедливо лишь в условиях отсутствия скольжения шины относительно дороги. Известно, что максимальное значение (по модулю) тангенциальной реакции дороги на шину ограничивается силой сцепления [6], т. е. $|R_\tau| \leq |\phi_x| \cdot R_n$. Поточное значение коэффициента продольного сцепления шины с дорогой (ϕ_x) может быть определено моделью методов парабол, которая по данным [7] одна из наиболее точных.

С учетом выше изложенного, тангенциальную реакцию дороги на колесо автомобиля в общем виде запишем

$$R_\tau = \begin{cases} c_{ш}^0 \cdot \frac{r_k^0 - r_k}{r_d} & , \text{ если } \left| c_{ш}^0 \cdot \frac{r_k^0 - r_k}{r_d} \right| \leq |\phi_x| \cdot R_n \\ \phi_x \cdot R_n & , \text{ если } \left| c_{ш}^0 \cdot \frac{r_k^0 - r_k}{r_d} \right| > |\phi_x| \cdot R_n \end{cases} . \quad (3)$$

Уравнение (3) позволяет определить тангенциальную реакцию опорной поверхности дороги на эластичную шину с учетом ее скольжения и отрыва от опорной поверхности. Оно может быть использовано как при исследованиях движения автомобиля по ровным дорогам, так и по дорогам с неровностями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена методика определения тангенциальных реакций неровной дороги на колеса автомобиля, учитывающая коэффициенты окружной жесткости шин, изменение их радиусов качения, а также текущие значения коэффициентов сцепления шин с дорогой и значения ее нормальных реакций на колеса автомобиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Певзнер, Я. М. К расчету вертикальных колебаний автомобиля / Я. М. Певзнер // Автомобильная промышленность. – 1976. – №1. – С. 21–24.
2. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів: в 3 ч. Ч. 1. Динамічність та паливна економічність автотранспортних засобів : навчальний посібник / В. П. Сахно, А. П. Костенко, М. І. Загороднов. – Донецьк : ТОВ «Цифрова типографія», 2014. – 444 с.
3. Литвинов, А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля : монография. – М. : Машиностроение, 1971. – 416 с.
4. Чудаков, Е. А. Теория автомобиля : учеб. – Изд. 3-е, переработ. и доп. – М. : Машгиз, 1950. – 343 с.
5. Волков, В. П. Оценка радиуса качения ведущих колес по параметрам разгона автомобиля / В. П. Волков, Э. Х. Рабинович, И. М. Баранник, В. В. Митасов // Український метрологічний журнал. – 2013. – №4. – С. 38–42
6. Тарасик, В. П., Бренч М. П. Теория автомобилей и двигателей : учеб. пособие. – Изд 2-е, испр. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2012. – 448 с.
7. Рыжих, Л. А. Особенности качения колеса в режиме торможения при изменении темпа наполнения тормозной камеры / Л. А. Рыжих, Д. Н. Леонтьев, А. А. Чебан // Вісті автомобільнодорозного інституту. – 2009. – Вип. 1. – С. 140–145.

Представлено 26.03.2021