

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРОДОЛЬНОГО СНОСА НОРМАЛЬНОЙ РЕАКЦИИ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА КОЛЕСО

Балакина Е.В., Голубева Т.А., Сарбаев Д.С.

Ключевые слова: шина, пятно контакта с твердой опорой, расположение нормальной реакции.

Аннотация. В данной статье рассмотрены составные части продольного сноса нормальной реакции твердой опорной поверхности на эластичное колесо и выражения для их определения. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00011.

THE LONGITUDINAL COMPONENTS OF THE NORMAL REACTION OF THE SUPPORT SURFACE TO THE WHEEL

Balakina E.V., Golubeva T.A., Sarbaev D.S.

Keywords: tire, contact patch, firm support, normal reaction location.

Abstract. This article presents the longitudinal components of the normal reaction of a solid supporting surface to an elastic wheel and expressions for their determination. The reported study was funded by RFBR according to the research project № 19-08-00011.

При математическом моделировании траектории движения транспортных средств с эластичными колесами по твердой поверхности необходимо определять значения реакций в пятне контакта каждого колеса со стороны дороги и точек их приложения. Вопросы по определению точек расположения сосредоточенных реакций со стороны дороги имеют достаточно долгую историю.

При решении статических задач по определению нормальных (вертикальных) реакций при неподвижной оси колеса (на горизонтальной поверхности), известно, что точка приложения вертикальной реакции располагается в центре пятна контакта.

Исследования качения колеса в ведомом режиме также хорошо известны и их результатами является утверждение, что вертикальная реакция в этом случае смещена в сторону движения на величину a [1]. Причиной возникновения смещения является необходимость преодоления различных потерь энергии как непосредственно в зоне контакта, так и в самом материале колеса, участки которого при качении колеса подвергаются постоянно периодически меняющимся по направлению деформациям.

Более поздние исследования [2] показали, что картина смещения точки приложения вертикальной составляющей реакции определяется не только потерями в зоне пятна контакта и в материале колеса, но и вследствие упругих связей колеса, из-за чего положение оси колеса оказывается не неизменным в продольном направлении, а зависит от величины продольных сил.

Авторами ранее [3] было предложено разделение общепринятого в настоящее время понятия продольного сноса нормальной реакции b [2] опорной поверхности не на две, а на три составляющих. Одна составляющая,

как обычно, характеризует гистерезисные потери (радиальные и тангенциальные) на качение колеса; другая составляющая, как обычно, характеризует продольное упругое перемещение оси колеса относительно геометрического центра пятна контакта, а третья, вновь введенная авторами составляющая, характеризует упругие угловые деформации шины, вызывающие несимметричность эпюры нормальных напряжений в зоне пятна контакта.

Введены обозначения: a – продольный снос нормальной реакции из-за гистерезисных потерь в колесе (имеется как у твердого, так и у эластичного колеса при качении); c – продольное упругое перемещение оси колеса относительно геометрического центра пятна контакта (имеется у эластичного колеса при наличии тянущей или толкающей силы); e – продольный снос нормальной реакции из-за упругих угловых деформаций шины (имеется как у твердого, так и у эластичного колеса при наличии крутящего (тормозного) момента).

Соотношение величин a , c , e по принципу суперпозиций определяет общую величину продольного сноса нормальной реакции опорной поверхности b . При этом за положительное направление смещений a , b , c , e принято направление, совпадающее с направлением поступательной скорости оси колеса.

Полученные формулы для расчета общего продольного сноса b нормальной реакции опорной поверхности от геометрического центра пятна контакта из его составляющих приведены в таблице 1 для разных режимов движения колеса.

Табл. 1. Формулы для расчета общего продольного сноса b нормальной реакции опорной поверхности от геометрического центра пятна контакта

Режим	Формула
Ведомый	$ b \approx a + c $
Ведущий	$ b \approx a - c + e $
Нейтральный	$ b = a + c + e $
Тормозной	$ b = e - c - a $

Выражения для расчета составляющих a и c известны [1, 2]. Получены выражения для расчета $e_{\max}$ [3, 4]:

$$e_{\max} \approx 4 \left(\frac{R_0}{r} \right)^2 \cdot h \cdot \phi.$$

У современных автомобилей отношение $R_0/r = \text{const}$. У современных легковых автомобилей $R_0/r = 1,7...1,8$. У современных грузовых автомобилей $R_0/r = 1,8...2,0$.

Таким образом, получим:

– для легковых автомобилей: $e_{\max} \approx 12 \cdot h \cdot \phi$;

– для грузовых автомобилей $e_{\max} \approx (13...16) \cdot h \cdot \phi$.

Из полученных выражений следует, что продольный снос нормальной реакции опорной поверхности e определяется упругими и сцепными свойствами шины.

Список литературы

1. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, 1950. – 343 с.
2. Петрушов В.А. Автомобили и автопоезда: Новые технологии исследования сопротивлений качения и воздуха. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2008. – 352 с.
3. Балакина Е.В. Расчет продольного сноса нормальной реакции на колесо из-за упругих угловых деформаций шины / Е.В. Балакина, Н.М. Зотов // Автомобильная промышленность. – 2015. – № 4 – С. 25-27
4. Балакина Е.В. О необходимости моделирования динамики эластичного колеса машины с учетом составляющих сносов реакций опорной поверхности / Е.В. Балакина, Т.А. Голубева, Ю.Н. Козлов // Вестник машиностроения. – 2018. – № 2 – С. 16-20.

References

1. Chudakov E.A. Car theory. – M.: State Scientific and Technical Publishing House of Engineering Literature, 1950. – 343 p.
2. Petrushov V.A. Cars and road trains: New technologies for the study of rolling resistance and air. – M.: TORUS PRESS, 2008. – 352 p.
3. Balakina E.V. Calculation of size of longitudinal position the normal reaction to the wheel because of elastic angular deformations of the tyre / E.V. Balakina, N.M. Zotov // Automotive industry. – 2015. – № 4. – P. 25-27.
4. Balakina E.V. On the need to simulate the dynamics of an elastic wheel of a machine, taking into account the longitudinal reaction components of the supporting surface / E.V. Balakina, T.A. Golubeva, Yu.N. Kozlov // Bulletin of mechanical engineering. – 2018. – № 2. – P. 16-20.

Балакина Екатерина Викторовна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей», fahrgestell2011@yandex.ru	Balakina Ekaterina Viktorovna – doctor of technical sciences, professor at the Department of «Technical operation and car repairs», fahrgestell2011@yandex.ru
Голубева Татьяна Алексеевна – аспирант, golybeva_tat9na@mail.ru	Golubeva Tatyana Alekseevna – postgraduate, golybeva_tat9na@mail.ru
Сарбаев Дмитрий Сергеевич – аспирант, sards93@gmail.com	Sarbaev Dmitriy Sergeevich – postgraduate, sards93@gmail.com
Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия	Volgograd state technical university, Volgograd, Russia

Received 05.12.2019