

УДК 629.016

Подригало М. А., Абрамов Д. В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ ШИНЫ С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ОТ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА КОЛЕСА

Аннотация. Во избежание трудностей, связанных с измерением динамического радиуса в ходе проведения экспериментальных исследований и использования относительного скольжения шины в пятне контакта, в качестве характеристики взаимодействия колеса с дорогой предложено использовать кинематический параметр K , зависящий от свободного радиуса, угловой скорости колеса и линейной скорости оси колеса. Разработана методика построения зависимости коэффициента сцепления колес с дорогой от кинематического параметра K для дальнейшего ее использования в работе антиблокировочных и противобуксовочных систем автомобиля.

Ключевые слова: колесо, коэффициент сцепления, относительное буксование, кинематический параметр, радиальная деформация.

Подригало М. А., Абрамов Д. В.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ ШИНИ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ВІД КІНЕМАТИЧНОГО ПАРАМЕТРУ КОЛЕСА

Анотація. Щоб уникнути труднощів, пов'язаних із вимірюванням динамічного радіуса в ході проведення експериментальних досліджень і використання відносного ковзання шини в плямі контакту, у якості характеристики взаємодії колеса з дорогою запропоновано використовувати кінематичний параметр K , що залежить від вільного радіуса, куткової швидкості колеса й лінійної швидкості осі колеса. Розроблено методику побудови залежності коефіцієнта зчеплення коліс із дорогою від кінематичного параметра K для подальшого її використання в роботі антиблокувальних і протибуксувальних систем автомобіля.

Ключові слова: колесо, коефіцієнт зчеплення, відносне буксування, кінематичний параметр, радіальна деформація.

Podrygalo M. A., Abramov D. V.

DEFINITION OF DEPENDENCE OF TIRE-TO-SURFACE TRACTION COEFFICIENT ON KINEMATIC WHEEL PARAMETERS

Summary. In the paper the construction of the dependence of the traction on the relative sliding of the kinematic parameters of the tire contact with the road is proposed.

To avoid the difficulties associated with the measurement of the dynamic range in the course of experimental research and the use of relative sliding of a tire in the contact patch, it is offered to use the kinematic parameter K depending on the free radius, rotational speed of the wheel and the linear speed of the wheel axis as the characteristics of the interaction with the road wheels. The technique of plotting the grip coefficient of the kinematic parameter K for further use in the anti-lock and traction control car is developed.

The boundaries of the range of deformation parameter of the wheel and an algorithm for constructing kinematic parameter wheel are developed. The results are obtained by experimental diagram for wheel ZIL-4335 bus with the tire 11,0-R20.

Key words: wheel, traction coefficient, relative slippage, kinematic parameter, radial deformation.

Постановка проблемы. Метод экспериментальной оценки параметра контакта колеса с дорогой с использованием датчиков линейных и угловых ускорений, учитывающий как деформацию шины под действием приложенной нагрузки, так и скольжение в пятне контакта, позволяет обойти проблему определения динамического радиуса колеса, особенно при его движении по деформируемой поверхности. В рамках этого метода в качестве характеристики контакта колеса с дорогой предложено использовать кинематический параметр K , зависящий от свободного радиуса, угловой скорости колеса и от линейной скорости оси колеса.

Анализ последних достижений и публикаций. Кинематический параметр колеса K определяется по формуле [1]

$$K = \frac{V_0}{\omega_k \cdot r_0} = (1 - S_x) \cdot (1 - \lambda_z), \quad (1)$$

где V_0 – скорость оси колеса (равна скорости автомобиля);

ω_k – угловая скорость колеса;

r_0 – свободный радиус колеса [2], определяемый при отсутствии нормальной нагрузки P_z на колесо;

S_x – относительное буксование ведущих колес автомобиля;

λ_z – параметр радиальной деформации колеса.

$$\lambda_z = \frac{P_z}{c_z \cdot r_0}, \quad (2)$$

где P_z – нормальная нагрузка на колесо;

c_z – радиальная жесткость шины.

Относительное буксование колеса часто используется в качестве аргумента функции определения реализуемого коэффициента сцепления колеса с опорной поверхностью $\varphi_x = f(S_x)$.

На рис. 1 представлена $\varphi - S$ диаграмма [3], полученная экспериментальным путем на стенде с беговым барабаном. Экспериментальная кривая реализуемого коэффициента сцепления была получена для колеса автомобиля ЗиЛ-4335 с шиной 11,0-R20 в тормозном режиме при следующих начальных условиях: усилие прижатия колеса к беговому барабану 27000 Н; начальная скорость торможения 60 км/ч; давление в шине 0,65 МПа; максимальное давление в тормозной камере 0,8

МПа; время срабатывания тормозного крана 0,18 с; время наполнения тормозной камеры от 0 до 0,8 МПа – 0,5 с [3].

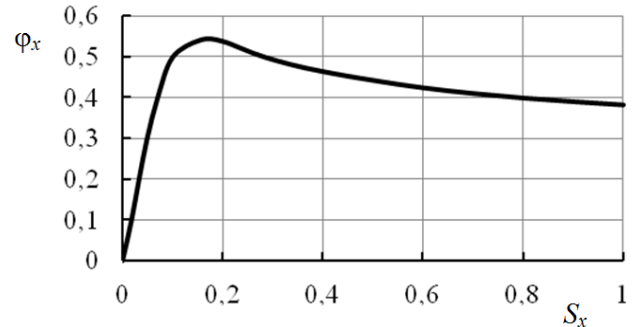


Рис. 1. Экспериментально полученная $\varphi_x - S_x$ диаграмма для колеса автомобиля ЗиЛ-4335 с шиной 11,0-R20 [3].

При переходе от тормозного к тяговому режиму величина относительного буксования колеса S_x в функции реализуемого коэффициента сцепления колеса с опорной поверхностью φ_x изменяет лишь знак, что позволяет судить об идентичности $\varphi_x - S_x$ диаграмм в тормозном и тяговом режимах [4].

Цель статьи – построение зависимости коэффициента сцепления колес с дорогой от кинематического параметра K для дальнейшего ее использования в алгоритмах антиблокировочных и противобуксовочных систем автомобиля.

Для достижения указанной цели необходимо определить границы диапазона изменения параметра радиальной деформации колеса и разработать алгоритм построения указанной выше зависимости.

Изложение основного материала. Диапазон изменения параметра радиальной деформации колеса λ_z будет ограничен из следующих условий. При высоких значениях радиальной жесткости шины ($c_z \rightarrow \infty$) значение параметра радиальной деформации колеса, согласно зависимости (2), будет стремиться к нулю ($\lambda_z \rightarrow 0$). Таким образом, λ_z будет всегда больше нуля. Для определения верхней границы изменения λ_z учтем, что [5]

$$S_x = 1 - \frac{V_0}{\omega_k \cdot r_d}, \quad (3)$$

где r_d – динамический радиус колеса.

Подставив выражение (3) в формулу (1), получим

$$\frac{V_0}{\omega_k \cdot r_0} = \frac{V_0}{\omega_k \cdot r_d} \cdot (1 - \lambda_z) \quad (4)$$

Откуда

$$\lambda_z = 1 - \frac{r_d}{r_0} \quad (5)$$

Согласно выражению (5) λ_z примет максимальное значение при минимальном r_d для конкретного колеса, которое не может быть меньше радиуса обода колеса $r_{об}$. Таким образом,

$$\lambda_{zmax} = 1 - \frac{r_{об}}{r_0} \quad (6)$$

Для большинства шин нормального профиля можно принять $r_{об}/r_0 \approx 0,6$. Тогда $\lambda_{zmax} = 0,4$.

Таким образом, диапазон изменения параметра радиальной деформации колеса $0 < \lambda_z \leq 0,4$.

Подставив в формулу (1) значения S_x при определенных значениях реализуемого коэффициента сцепления φ_x , полученных из диаграммы, представленной на рис. 1, получим возможность построить графики зависимости φ_x от кинематического параметра колеса K при различных значениях параметра радиальной деформации колеса λ_z , как это показано на рис. 2, 3.

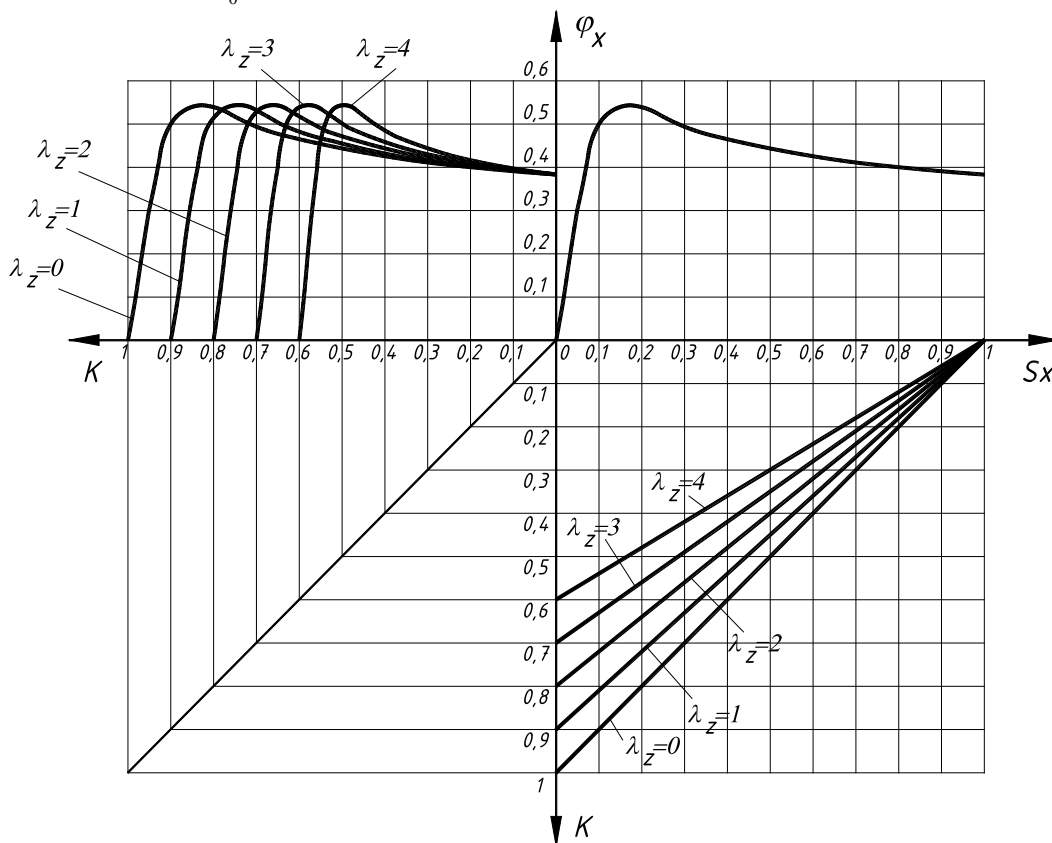


Рис. 2. Преобразование графика функции $\varphi_x = f(S_x)$ в график функции $\varphi_x = f(K)$ при различных значениях параметра радиальной деформации колеса λ_z .

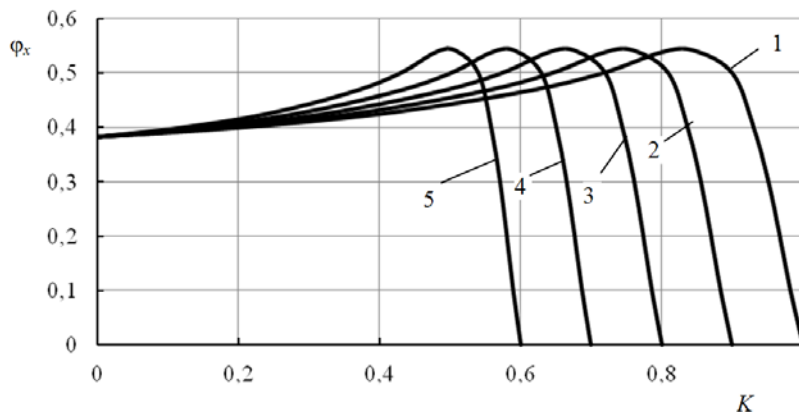


Рис. 3. Графики зависимости реализуемого коэффициента сцепления колеса с опорной поверхностью φ_x от кинематического параметра колеса K при различных значениях параметра радиальной деформации колеса λ_z для колеса автомобиля ЗиЛ-4335 с шиной 11,0-R20: 1 – при $\lambda_z = 0$; 2 – при $\lambda_z = 0,1$; 3 – при $\lambda_z = 0,2$; 4 – при $\lambda_z = 0,3$; 5 – при $\lambda_z = 0,4$.

Выводы.

1. Вследствие возникновения трудностей, связанных с измерением динамического радиуса колеса в ходе проведения экспериментальных исследований, использование относительного скольжения шины в пятне контакта в качестве характеристики взаимодействия колеса с дорогой затруднено. Поэтому в качестве такой характеристики ранее предложено использовать кинематический параметр K .

2. Параметр радиальной деформации колеса λ_z , учитываемый при определении кинематического параметра K , для большинства шин нормального профиля будет лежать в диапазоне от 0 до 0,4.

3. Построение графика зависимости коэффициента сцепления колес с дорогой от кинематического параметра K контакта шины с дорогой позволит в дальнейшем использовать его в алгоритмах работы антиблокировочных и противобуксовочных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиус качения и оценка взаимодействия колеса мобильной машины с дорогой / [А. Т. Лебедев, Н. П. Артемов, М. А. Подригало, А. В. Кот] // Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. – 2012. – Вип. 124. – Т. 2. – С. 43–48.
2. Работа автомобильной шины / [В. И. Кнорд, Е. В. Кленников, И. П. Петров и др.] ; под ред. В. И. Кнорода. – М. : Транспорт, 1976. – 238 с.
3. Методы расчета реализуемого коэффициента сцепления при качении колеса в тормозном режиме / [А. Н. Туренко, С. И. Ломака, Л. А. Рыжих, Д. Н. Леонтьев, А. В. Быкадоров] // Автомобильный транспорт. – Харьков : ХНАДУ, 2010. – Вып. 27. – С. 7–12.
4. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / [М. А. Подригало, В. П. Волков, В. А. Карпенко, Е. М. Гецович и др.]. – Харьков : ХНАДУ, 2003. – 614 с.
5. Петрушов В. А. Сопротивление качению автомобилей и автопоездов / В. А. Петрушов, С. А. Шуклин, В. В. Московкин. – М. : Машиностроение, 1975. – 225 с.