

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТА С ДОРОГОЙ
НЕПОДВИЖНОГО КОЛЕСА АВТОМОБИЛЯ**
**THEORETICAL RESEARCH OF CONTACT WITH THE ROAD OF
THE MOTIONLESS WHEEL OF THE CAR**

Абдулгазис А.У., кандидат технических наук, доцент;
Абдулгазис У.А., доктор технических наук, профессор
(Крымский инженерно-педагогический университет)

Abdulgazis A.U., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Abdulgazis U.A., Doctor of Technical Sciences, Professor
(Crimean Engineering and Pedagogical University)

Аннотация. *В результате проведенного исследования получена пространственная модель контакта неподвижного колеса с дорогой, позволяющая определить максимальные значения продольного и поперечного коэффициентов сцепления. Проведено сравнение результатов полученных с использованием плоской и пространственной моделей шин.*

Abstract. *The study produced three-dimensional model of the fixed wheel contact with the road, which allows to determine the maximum values of the longitudinal and transverse coefficients of clutch. The results are compared with a flat tire and spatial models.*

Введение

Высокие значения продольного и бокового коэффициентов сцепления неподвижного колеса с дорогой обеспечивают надежное удержание неподвижного автомобиля на продольном и поперечном уклонах дороги.

В настоящей статье предложена пространственная модель для определения продольного и поперечного коэффициентов сцепления с дорогой неподвижного колеса автомобиля. Полученные зависимости позволяют в дальнейшем построить контуры пятна контакта и определить законы распределения контактных давлений в пятне контакта.

Анализ последних достижений и публикаций

Исследованию влияния характера взаимодействия пневматической шины с дорогой на коэффициент сцепления в продольном и поперечном направлениях посвящено значительное количество научных исследований [1–9].

Оценке устойчивости неподвижного колеса автомобиля против бокового скольжения и определению бокового коэффициента сцепления по-

священа работа [5]. Однако в указанной работе использовалась плоская модель напряженно-деформируемого состояния колеса, что являлось допущением.

Целью исследования являлось построение пространственной модели контакта неподвижного колеса с дорогой и определение с ее помощью продольного и поперечного коэффициентов сцепления.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- построение пространственной модели контакта неподвижного колеса с дорогой;
- определение продольного и бокового коэффициентов сцепления колеса с дорогой.

Пространственная модель контакта неподвижного колеса с дорогой

На рисунке 1 и рисунке 2 приведены схемы нагружения неподвижного колеса с дорогой в продольной и поперечной плоскостях. В результате решения поставленной задачи определены контактные давления:

– вдоль оси OZ :

$$P_z = \frac{C_z}{R_{\text{ип}}} \cdot \frac{(1 - \cos \frac{\alpha}{2}) (\frac{\cos \beta}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1) (\frac{\cos \delta}{\cos \frac{\gamma}{2}} - 1)}{(\alpha - \cos \frac{\alpha}{2} \ln \left| \frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \right|) (\gamma - \cos \frac{\gamma}{2} \ln \left| \frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \right|)} ; \quad (1)$$

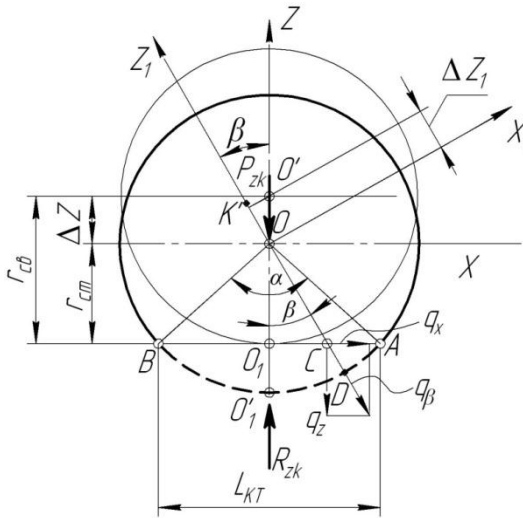
– вдоль оси OX :

$$p_x = p_z \cdot \text{tg} \beta = \frac{C_z}{R_{\text{ип}}} \cdot \text{tg} \beta \cdot \frac{(1 - \cos \frac{\alpha}{2}) (\frac{\cos \beta}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1) (\frac{\cos \delta}{\cos \frac{\gamma}{2}} - 1)}{(\alpha - \cos \frac{\alpha}{2} \ln \left| \frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \right|) (\gamma - \cos \frac{\gamma}{2} \ln \left| \frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \right|)} ; \quad (2)$$

– вдоль оси OY :

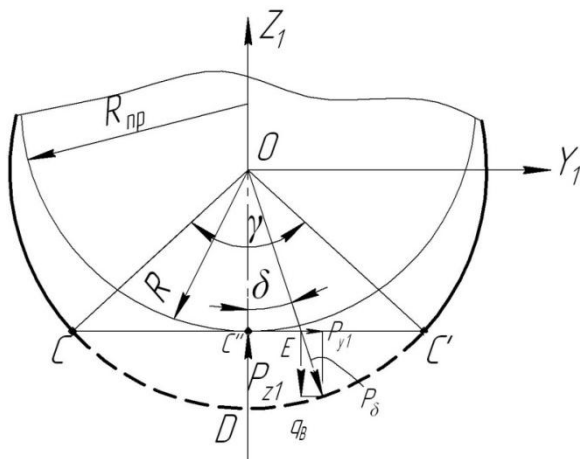
$$p_y = p_z \cdot \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos \beta} = \frac{C_z}{R_{\text{тп}}} \cdot \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos \beta} \frac{(1 - \cos \frac{\alpha}{2}) (\frac{\cos \beta}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1) (\frac{\cos \delta}{\cos \frac{\gamma}{2}} - 1)}{(\alpha - \cos \frac{\alpha}{2} \ln \left| \frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \right|) (\gamma - \cos \frac{\gamma}{2} \ln \left| \frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{1 - \sin \frac{\alpha}{2}} \right|)} \cdot (3)$$

Полученные аналитические выражения (1)–(3) позволяют определить напряжение в контакте с дорогой неподвижного колеса, имеющего шину в форме тора.



$r_{\text{св}}$ – свободный радиус колеса; $r_{\text{ст}}$ – статический радиус колеса; ΔZ – нормальная деформация шины при статическом нагружении; P_{zk} ; R_{zk} – нормальная нагрузка и реакция дороги на колесо; $L_{КТ}$ – теоретическая длина пятна контакта шины с дорогой; $q_\beta, q_\gamma, q_\alpha$ – погонные силы упругости шины и ее нормальной и продольной составляющих; α – центральный угол окружности радиусов $r_{\text{св}}$, соответствующий $L_{км}$; β – угловая (текущая) координата точки контакта C

Рисунок 1 – Схема статического нагружения неподвижного колеса в продольной плоскости [1]



$R_{пр}$ – радиус кривизны профиля шины в поперечной плоскости; p_{δ} – суммарное контактное давление и его составляющие p_z и p_y

Рисунок 2 – Схема статического нагружения шины в поперечной плоскости OCC' расположенной наклоненно к плоскости ZOY под углом β

Определение продольного и бокового коэффициентов сцепления

С использованием предложенной пространственной модели авторами получены аналитические выражения для определения продольного и бокового коэффициентов сцепления.

Максимальное значение бокового коэффициента сцепления

$$\varphi_{y\max} = \frac{r_{св}}{R_{пр}} \frac{\cos^2 \frac{\alpha}{2}}{\alpha - \cos \frac{\alpha}{2} \ln \left| \frac{l + \sin \frac{\alpha}{2}}{l - \sin \frac{\alpha}{2}} \right|} \int_{-\frac{\alpha}{2}}^{+\frac{\alpha}{2}} \frac{\frac{\cos \beta}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1}{\cos^3 \beta \left(\gamma - \cos \frac{\gamma}{2} \ln \left| \frac{l + \sin \frac{\gamma}{2}}{l - \sin \frac{\gamma}{2}} \right| \right)} \times \frac{d_{\beta}}{\cos^2 \beta} \quad , (4)$$

$$\times \left(\frac{2 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}}{\cos \beta} + \frac{\sqrt{\mu^2 - \operatorname{tg}^2 \beta}}{\cos \frac{\gamma}{2}} \ln \left| \frac{l + \sin \frac{\gamma}{2}}{l - \sin \frac{\gamma}{2}} \right| - 2 \sqrt{\mu^2 - \operatorname{tg}^2 \beta} \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \right) \frac{d \delta}{\cos^2 \delta}$$

где μ – коэффициент трения резины о дорожное полотно.

Максимальное значение продольного коэффициента сцепления.

$$\varphi_{x \max} = \frac{r_{св}}{R_{цр}} \frac{\cos^2 \frac{\alpha}{2}}{\alpha - \cos \frac{\alpha}{2} \ln \left| \frac{l + \sin \frac{\alpha}{2}}{l - \sin \frac{\alpha}{2}} \right|} \int_{-\frac{\alpha}{2}}^{+\frac{\alpha}{2}} \frac{\frac{\cos \beta}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1}{\gamma - \cos \frac{\gamma}{2} \ln \left| \frac{l + \sin \frac{\gamma}{2}}{l - \sin \frac{\gamma}{2}} \right|} \times$$

$$\times \int_{-\frac{\gamma}{2}}^{+\frac{\gamma}{2}} \left(\frac{\cos \delta}{\cos \frac{\gamma}{2}} - 1 \right) \left(\sqrt{\mu^2 - \frac{\operatorname{tg}^2 \beta}{\cos^2 \delta}} - \operatorname{tg} \beta \right) \frac{d\delta}{\cos^2 \delta} \quad (5)$$

Выводы

1. Полученные аналитические выражения позволяют определять контактные давления, возникающие между шиной неподвижного колеса, выполненной в виде тора и дорожной поверхностью.

2. С помощью предложенной пространственной модели контакта пневматической шины с дорогой определены максимальные значения продольного и бокового коэффициентов сцепления.

Литература

1. Работа автомобильной шины / В.И. Кнороз [и др.]; под ред. В.И. Кнороза. – М.: Транспорт, 1976. – 238 с.
2. Иларионов, В.А. Коэффициент сцепления шин с дорогой и безопасность движения / В.А. Иларионов, И.К. Пчелин, Е.И. Калинин. – М.: Изд-во МАДИ, 1989. – 77 с.
3. Петров, М.А. Работа автомобильного колеса в тормозном режиме / М.А. Петров. – Омск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1973. – 224 с.
4. Назарько, О.О. Удосконалення методів оцінки стійкості легкових автомобілів в тяговому режимі руху: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / О.О. Назарько. – Харьков, 2013. – 20 с.
5. Оценка устойчивости неподвижного автомобильного колеса против бокового скольжения / У.А. Абдулгазис [и др.] // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Технические науки. – 2012. – № 27. – С. 53–59.

6. Подригало, М.А. Оценка устойчивости ведущего колеса против бокового скольжения / М.А. Подригало, Д.М. Клец, О.А. Назарько // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – 2012. – № 2. – С. 138–143.

7. Подригало, М.А. Определение зависимости коэффициента сцепления шины с опорной поверхностью от кинематического параметра колеса / М.А. Подригало, Д.В. Абрамов // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Технические науки. – 2014. – № 43. – С. 18–21.

8. Абдулгасис, А.У. Моделирование контакта пневматической шины с дорогой / А.У. Абдулгасис, С.А. Феватов // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Технические науки. – 2012. – № 36. – С. 9–16.

9. Федосов, А.С. Модель стационарного плоского движения колеса / А.С. Федосов // Автомобильный транспорт. Сб. науч. тр. / ХНАДУ. – Харьков, 2002. – Вып. 9. – С. 122–126.

УДК 656.113

**АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ
СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ПАССАЖИРСКИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНА
ANALYSIS OF PROBLEMS AND DEVELOPMENT OF TECHNICAL
PREPARATION OF VEHICLE ON THE PASSENGER MOTOR
TRANSPORT ENTERPRISES OF UKRAINE**

Биличенко В.В., профессор, доктор технических наук;
Романюк С.А., старший преподаватель, кандидат технических наук;
Петрук Б.А., Яновой Д.Г., студенты
(Винницкий национальный технический университет (ВНТУ),
г. Винница, Украина)

Bilichenko V.V., Professor, Doctor of Technical Sciences;
Romanyuk S.O., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer;
Petruk B.A., Yanovyi D.G., Students
(Vinnytsia National Technical University (VNTU), Vinnytsia city, Ukraine)

Аннотация. В статье проведен анализ проблем функционирования и развития систем технической подготовки автотранспортных средств пассажирских автотранспортных предприятий в Украине на примере города Винницы.