

УДК 629.017

А.У. Абдулгасис, доцент, канд. техн. наук,

С.А. Феватов, преподаватель

*Республиканское высшее учебное заведение «Крымский инженерно-педагогический университет»,
ул. Севастопольская, пер. Учебный, 8, г. Симферополь, 95015
sadadin83@mail.ru*

М.А. Подригало, профессор, д-р техн. наук

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
ул. Петровского, 25, Украина, 61002*

МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕС АВТОМОБИЛЯ С ДОРОГОЙ

Предложен новый критерий для оценки сцепления колес с дорогой – динамический параметр контакта колеса с дорогой, на основе которого предложены методы экспериментальной оценки в дорожных условиях. Указанные методы могут быть использованы как при проведении автотехнической экспертизы, так и в бортовой системе контроля параметров движения автомобиля.

Ключевые слова: коэффициент сцепления, автомобильная шина, динамический радиус колеса.

Введение. Повышение безопасности движения автомобилей и автопоездов неразрывно связано с проблемой улучшения сцепления колес с дорогой. Снижение коэффициента сцепления ведущих колес с дорогой ухудшает динамические показатели машины, задних колес – устойчивость движения, а передних колес – управляемость, поворачиваемость и вписываемость автомобиля. Учитывая влияние на коэффициент сцепления колес с дорогой значительного количества эксплуатационных факторов и изменения технического состояния шины, необходимо осуществлять периодический контроль указанного параметра.

Анализ последних достижений и публикаций. При расследовании причин дорожно-транспортных происшествий (ДТП) возникает необходимость определения коэффициента сцепления колес с дорогой, автомобиля потерявшего способность к движению. Последнее исключает оценку указанного параметра при движении автомобиля.

В настоящее время основными документами, в которых дается определение понятия и метод оценки коэффициента сцепления с дорогой, являются стандарты [1, 2, 3].

В нормативных документах [2, 3] дается следующее определение коэффициента сцепления: «Коэффициент сцепления – это отношение максимального касательного усилия, действующего вдоль дороги на площади контакта заблокированного колеса с дорожным покрытием, к нормальной реакции площади контакта колеса с дорожным покрытием». Таким образом, речи идет об определении максимального значения $\varphi_{x\max}$ продольного коэффициента сцепления [4]. Этой же точки зрения придерживаются авторы работы [5], предлагая формулу для расчета коэффициента сцепления

$$\varphi = \frac{R_{x\max}}{R_{zk}}, \quad (1)$$

где $R_{x\max}$ – максимальная касательная реакция в контакте колеса с дорогой;

R_{zk} – нормальная реакция в контакте колеса с дорогой.

Очевидно, что в выражении (1)

$$\varphi = \varphi_x = \varphi_{x\max} \quad (2)$$

где φ_x – продольный коэффициент сцепления колеса с дорогой.

Для текущего значения φ_x справедливо определение, данное в работе [5], которое сформулировано следующим образом: «Коэффициент сцепления – результат деления продольной силы на нормальную силу».

В работе [6] предлагается при определении продольного коэффициента сцепления связывать его величину с коэффициентами буксования у ведущего колеса и скольжения – у тормозящего колеса.

На основе стандартов [2, 3] в работе [7, 8] предложены методы определения коэффициента сцепления с помощью динамометрической тележки. Установка ПКРС-2 включает в себя автомобиль и прицепной одноколесный прибор. Указанный прибор оборудован датчиками ровности покрытия и коэффициента сцепления. В автомобиле установлена система увлажнения покрытия, управления и регистрации результатов измерений [7, 8]. Однако указанный метод непригоден для оценки

коэффициента сцепления с дорогой колес автомобиля, попавшего в ДТП и потерявшего способность к движению. Нами предложено устройство [9], позволяющее производить оценку коэффициента сцепления с дорогой колес неподвижного автомобиля (рисунок 1).

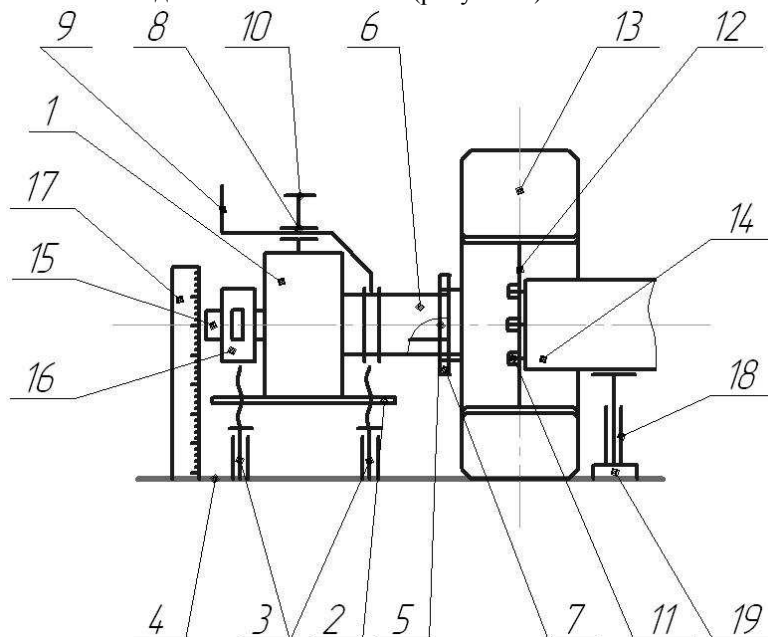


Рисунок 1 – Устройство для оценки коэффициента сцепления ведущих колес автомобиля с дорожным покрытием [9]
 1 – редуктор; 2 – пластина; 3 – регулируемые опоры; 4 – опорная поверхность; 5 – вал редуктора выходной;
 6 – муфта; 7 – опорный буртик муфты; 8 – направляющая; 9 – рычаг; 10 – стопор; 11 – гайки; 12 – ступица колеса;
 13 – колесо автомобиля; 14 – балка моста; 15 – вал редуктора входной; 16 – груз; 17 – мерная линейка; 18 – домкрат;
 19 – тензометрический датчик

При проведении испытаний определяют крутящий момент на выходном валу редуктора, при котором колесо начинает прокручиваться. Нормальная нагрузка на колесо предварительно измеряется. Измеряется и статический радиус колеса. Однако при таком методе измеряется не величина продольного коэффициента сцепления, а сумма указанного коэффициента и коэффициента сопротивления качению колеса. В этом случае

$$\varphi_{x\max} + f = \frac{M_{\text{кmax}} \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot u_{\text{ред}}}{R_{\text{зк}} \cdot r_d} \quad (3)$$

где f – коэффициент сопротивления качению;

$M_{\text{кmax}}$ – максимальное значение крутящего момента на входном валу редуктора, при котором колесо начинает прокручиваться;

$u_{\text{ред}}$ – передаточное число редуктора;

$\eta_{\text{ред}}$ – коэффициент полезного действия редуктора, определяемый перед началом испытаний;

r_d – динамический радиус колеса.

Однако известные методы определения $\varphi_{x\max}$ дают погрешность в связи с тем, что не удастся разделить сумму двух величин $\varphi_{x\max}$ и f . Поэтому возникла необходимость в разработке нового критерия позволяющего оценивать сцепные свойства колес автомобилей с дорогой.

Цель и постановка задач исследования. Целью исследования является разработка метода оценки сцепных свойств автомобиля на основе использования обобщенного критерия сцепления колеса с дорогой.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать обобщенный критерий для оценки контакта колеса с дорогой;

- разработать метод оценки сцепных свойств автомобиля на основе использования обобщенного критерия сцепления колеса с дорогой.

Разработка обобщенного критерия сцепления колеса с дорогой. В исследовании [10] предложен критерий, названный авторами кинематическим параметром контакта колеса с дорогой, и определяемый из следующего соотношения

$$K = \frac{V_0}{\omega_k \cdot r_{c\phi}} = (1 - S_x) \cdot \left(1 - \frac{P_{zK}}{C_z \cdot r_{c\phi}} \right) = (1 - S_x) \cdot (1 - \lambda_z), \quad (4)$$

где V_0 – линейная скорость оси колеса;
 ω_k – угловая скорость колеса;
 S_x – относительное буксование колеса,

$$S_x = 1 - \frac{V_0}{\omega_k \cdot r_d}, \quad (5)$$

где C_z – радиальная жесткость шины;
 $r_{c\phi}$ – свободный радиус колеса;
 λ_z – параметр радиальной деформации шины,

$$\lambda_z = \frac{P_{zK}}{C_z \cdot r_{c\phi}}, \quad (6)$$

где P_{zK} – нормальная нагрузка на колесо, $P_{zK} = P_{zK}$.

Введение показателя K , по мнению авторов работы [10], позволяет комплексно оценивать влияние буксования и радиальной деформации шины на потери скорости при движении колеса. Очевидно, что справедливо соотношение

$$r_k = K \cdot r_{c\phi}, \quad (7)$$

где r_k – кинематический радиус колеса,

$$r_k = \frac{V_0}{\omega_k}. \quad (8)$$

Аналогичным образом можно предложить обобщенный параметр, позволяющий оценить сцепление колеса с дорогой с учетом влияния изменения максимального продольного коэффициента сцепления $\varphi_{x\max}$, коэффициента сопротивления качению f и динамического радиуса колеса r_d .

Уравнение (3) можно записать в виде

$$\varphi_{x\max} + f = \frac{M_{\varphi\max}}{R_{zK} r_d}, \quad (9)$$

где $M_{\varphi\max}$ – максимальный крутящий момент, соответствующий началу прокручивания колеса,

$$M_{\varphi\max} = M_{k\max} \cdot \eta_{ред} \cdot u_{ред}. \quad (10)$$

Умножив и разделив правую часть (9) на свободный радиус $r_{c\phi}$, получим

$$\varphi_{x\max} + f = \frac{M_{\varphi\max}}{R_{zK} r_d} \cdot \frac{r_{c\phi}}{r_d}. \quad (11)$$

Динамический радиус можно определить как

$$r_d = r_{c\phi} - \frac{P_{zK}}{C_z}. \quad (12)$$

Подставляя (12) в (11), получим

$$\varphi_{x\max} + f = \frac{M_{\varphi\max}}{R_{zK} \cdot r_{c\phi}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{P_{zK}}{C_z \cdot r_{c\phi}}} = \frac{M_{\varphi\max}}{R_{zK} \cdot r_{c\phi} (1 - \lambda_z)}. \quad (13)$$

Уравнение (13) преобразуем к виду

$$\frac{M_{\varphi\max}}{R_{zK} \cdot r_{c\phi}} = (1 - \lambda_z) \cdot (\varphi_{x\max} + f) = D_{\max}, \quad (14)$$

где D_{\max} – максимальный динамический параметр контакта колеса с дорогой или обобщенный параметр сцепления колеса с дорогой.

Разделив левую и правую части (14) на левую и правую части уравнения (4), получим

$$\frac{D_{\max}}{K} = \frac{\varphi_{x\max} + f}{1 - S_x} \quad (15)$$

Откуда получим

$$D_{\max} = \frac{\varphi_{x\max} + f}{1 - S_x} K \quad (16)$$

Зависимость $D(K)$ может являться аналогом известной характеристики сцепления колеса с дорогой, называемой $\varphi_x - S_x$ диаграммой.

Таким образом, предложенный показатель D может использоваться при проведении испытаний по методике [9] и дает возможность получить более объективные результаты оценки сцепных свойств колес автомобиля с дорогой.

Метод оценки сцепных свойств колес автомобиля с дорогой. Динамический параметр контакта колеса с дорогой характеризует величину касательной реакции в контакте колеса с дорогой, которую можно реализовать при отсутствии полного буксования.

При использовании устройства, схема которого представлена на рис. 1 и определении параметра D_{\max} зависимость (3) примет вид

$$D = \frac{M_{k\max} \cdot \eta_{ред} \cdot u_{ред}}{R_{зк} \cdot r_{св}} \quad (17)$$

В этом случае измерять динамический радиус, который условно принимается равным статическому $r_{ст}$, не нужно.

Использование динамического параметра D удобно при построении бортовой системы активного контроля сцепления ведущих (тормозящих) колес с дорогой. В этом случае необходимо на автомобиле устанавливать датчики крутящего момента и нормальной нагрузки на колесах. Параметр динамического контакта ведущих колес с дорогой в этом случае может быть определены по формуле

$$D = \frac{M_k}{P_{зк} \cdot r_{св}}, \quad (18)$$

где M_k – текущее значение крутящего момента.

В этом случае D - текущее значение динамического параметра контакта колеса с дорогой.

Выводы. В результате проведенного исследования предложен обобщенный параметр сцепления колеса с дорогой – динамический параметр контакта колеса с дорогой. Указанный параметр учитывает не только коэффициент сцепления колеса с дорогой, но также коэффициент сопротивления качению и радиальную деформацию шины.

На основе разработанного критерия предложен метод оценки сцепных свойств колес с дорогой, который возможно применять не только при автотехнической экспертизе, но и при проведении активного контроля при движении автомобиля.

Библиографический список использованной литературы:

1. Автомобільні дороги : ДБН В.2.3-4-2000. – К. : ДерждорНДІ ; Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. – 117 с. – (Державні будівельні норми України).
2. ДСТУ Б В.2.3-2 – 97. Дороги автомобільні. Метод визначення коефіцієнтів зчеплення колеса автомобіля з дорожнім покриттям. – [Чинний від 1997-07-01]. – К.: Державний Стандарт України, 1997. – 6 с. (Національний стандарт України).
3. ГОСТ 30413 – 96. Дороги автомобильные. Метод определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорогой: – [введен в действие с 1997-04-21]. – М. ГОССТРОЙ РФ, 1997 – 3с. (Межгосударственный стандарт).
4. Гуревич Л. В. Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд – М. : Транспорт, 1978. – 151 с.
5. Работа автомобильной шины / под ред. В. И. Кнороза. – М. : Транспорт, 1976. – 238 с.
6. Литвинов А.С. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств : учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. – М. : Машиностроение, 1989. – 240 с.
7. Пат. 2379408 Российская Федерация, МПК Е 01 С 23/07, (2006.01). Устройство для определения коэффициента сцепления колеса транспортного средства с дорожным и аэродромным покрытием / В.И. Кычкин, К.Т. Пугин, А.В. Кычкин; заявитель и патентообладатель Государственное

образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет» – № 2008122802/03 ; заявл. 05.06.2008 ; опубл. 20.01.2010. Бюл. №2.

8. Пат. 2415990 Российская Федерация, МПК E 01 C 23/07, (2006.01). Устройство для измерения коэффициента сцепления колеса транспортного средства, с дорожным и аэродромным покрытием / В.И. Кычкин, А.В. Кычкин, Д.А. Болотов; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет» – № 2009143857/03 ; заявл. 26.11.2009 ; опубл. 10.04.2011. Бюл. №10.

9. Патент України на корисну модель №78286, МПК (2013.01) G01C 7/00 E01C 23/00 Пристрій для визначення коефіцієнта зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорожнім покриттям / Феватов С.А., Абдулгасіс А.У., Подригало М.А., АбдулгасісУ.А., Байцур М.В.; заявители и патентообладатели № u 2012 11452; заявл. 04.10.2012, опубл. 11.03.2013, Бюл. №5.

10. Лебедев А.Т. 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. – Том 2. – С. 43 - 18.

Поступила в редакцію 26.01.2014 г.

Абдулгасіс А.У., Феватов С.А., Подригало М.А. Метод експериментальної оцінки зчеплення колеса автомобіля з дороги

Запропоновано новий критерій для оцінки зчеплення коліс з дорогою - динамічний параметр контакту колеса з дорогою, на основі якого запропоновано методи експериментальної оцінки в дорожніх умовах. Зазначені методи можуть бути використані як при проведенні автотехнічної експертизи, так і в бортовій системі контролю параметрів руху автомобіля.

Ключові слова: коефіцієнт зчеплення, автомобільна шина, динамічний радіус колеса.

Abdulgazis A.U., Fevatov S.A., Podryhalo M.A. Method experimental evaluation vehicle traction expensive

A new criterion for the evaluation of grip - dynamic parameter wheel contact with the road on which proposed methods of experimental evaluation on the road. These methods may be used during the examination autotechnical and on-board control system parameters of the vehicle.

Keywords: friction coefficient, a car tire, dynamic wheel radius.