

УДК 629.083

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО УРОВНЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Медведев Ю.Н., ст. гр. Аз-71-19**

[medvedevyura77@gmail.com](mailto:medvedevyura77@gmail.com)

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

### *Аннотация*

*Для того чтобы дать оценку изменению тормозным свойствам в общем случае эксплуатации легкового автомобиля, были предложены зависимости коэффициента использования сцепного веса и действительного коэффициента распределения тормозных сил между осями от коэффициента торможения.*

*При чем, величина коэффициентов относительной тормозной силы и распределения тормозных сил между осями зависит, как от вида законов регулирования тормозных сил, так и от остаточных значений параметров тормозных систем, определяющих эти законы.*

*Эти зависимости от параметров тормозных систем и параметров эксплуатируемого легкового автомобиля являются функцией цели для определения остаточных выходных характеристик его тормозной системы.*

***Ключевые слова:** легковой автомобиль, тормозной привод, коэффициент распределения тормозных сил между осями, коэффициент удельной тормозной силы.*

### **Постановка проблемы**

Известно [1–5], что как маневренность, так и эффективность торможения, являются показателями, характеризующими способность автомобиля сохранять заданный закон движения при торможении, что определяется как характером сцепных свойств колес с дорогой, так и возможностями тормозной системы для реализации этих свойств.

Так как условия эксплуатации легковых автомобилей существенно влияют на тормозные свойства, то с целью обеспечения необходимой эффективности торможения [6] необходимо учитывать их изменение в период эксплуатации.

Такого рода задачи могут быть успешно решены оптимизацией технических параметров автомобиля на основе имитационного моделирования процесса движения при торможении в различных эксплуатационных условиях. При этом используется и соответствующая классификация условий эксплуатации [7, 8].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Известно, что взаимодействие колеса с опорной поверхностью происходит по пятну контакта. Это взаимодействие зависит от типа и состояния опорной поверхности, от конструкции и состояния шины (давление воздуха, рисунок протектора), нагрузки на колесо и скорости движения автомобиля, величины прикладываемого тормозного момента и других факторов [9].

При качении колеса по недеформируемой поверхности в зоне контакта, при передаче тормозного момента происходит проскальзывание элементов протектора по опорной поверхности. Чем больше величина передаваемого тормозного момента, тем больше количество элементов шины участвует в скольжении. В предельном случае все пятно контакта скользит по опорной поверхности [9].

Коэффициент сцепления шины с мокрой дорогой уменьшается по сравнению со сцеплением с сухой дорогой на величину, пропорциональную параметру, который характеризует форму и размеры элемента в плане [9].

Тип и состояние дорожного покрытия изменяют коэффициент сцепления шин с дорогой до известных значений, применяемых на практике [9]: от 0,05-0,15 для обледенелого покрытия до 0,7-0,8 при сухом асфальтобетонном покрытии.

Из литературных источников [1–9] следует, что тормозной путь во многом зависит от коэффициента сцепления шин с дорогой. Такой вывод используется для улучшения сцепных качеств шин без заметного ухудшения износостойкости протектора, так как коэффициент сцепления шины, например, с мокрой дорогой возрастает при уменьшении размеров элемента рисунка [9].

Таким образом, в процессе эксплуатации влияние конструктивных факторов на реализацию коэффициента торможения можно характеризовать в общем случае следующими показателями.

На твердых и сухих покрытиях коэффициент торможения увеличивается при увеличении коэффициента насыщенности контакта. На мокрых дорогах с твердым покрытием коэффициент торможения увеличивается при улучшении выхода воды и грязи с поверхности контакта. На деформируемых дорогах коэффициент торможения увеличивается при увеличении площади среза элементов грунта и очищении рисунка протектора.

Увеличение динамического диаметра колеса приводит к увеличению коэффициента торможения незначительно на дорогах с твердым покрытием и существенно на деформируемых дорогах, что объясняется увеличением угла наклона реакции плоскости дороги, в результате чего уменьшается отрицательная составляющая продольной реакции [9].

Влияние эксплуатационных факторов на реализацию коэффициента торможения в пятне контакта шины с опорной поверхностью можно характеризовать в общем случае следующими показателями.

Оптимальный размер микронеровностей 2-3 мм, углы при вершине неровностей –  $70-120^{\circ}$  [7]. При износе дороги коэффициент торможения снижается, поэтому необходима специальная обработка покрытий, для восстановления сцепных свойств.

С увеличением скорости коэффициент торможения снижается, причем в большей степени на дороге с низким коэффициентом сцепления.

При износе протектора коэффициент торможения уменьшается, причем более интенсивно при износах превышающих 50%. При полных износах и недостаточной шероховатости покрытия коэффициент сцепления снижается до 0,2-0,25 [10]. Требованиями стандарта [8] установлена предельная глубина рисунка протектора для легковых автомобилей – до 1,6 мм.

На сухих чистых и твердых покрытиях увеличение давления приводит к некоторому уменьшению коэффициента торможения [10]. На деформируемых дорогах уменьшение давления приводит к росту коэффициента сцепления.

На дорогах с твердым покрытием увеличение нагрузки приводит к увеличению коэффициента сцепления [10].

Если значения коэффициентов сцепления на всех колесах обеих осей легкового автомобиля не одинаковы, то оптимальное соотношение между тормозными силами равно соотношению между нормальными реакциями, действующими на левом и правом колесе каждой оси, умноженными на соответствующий коэффициент сцепления [9].

Это обстоятельство объясняется тем, что, во-первых, коэффициент сцепления достигает своего максимального значения при определенном коэффициенте скольжения. Если такая величина скольжения достигается одновременно у всех колес, то тормозная сила на каждом из них будет предельно возможной. При этом будет достигаться максимально возможное замедление и соответственно, минимально возможный тормозной путь. Если у колес какой-либо из осей оптимальная величина скольжения будет достигнута раньше, то на остальных колесах предельная тормозная сила по сцеплению еще не достигнет своего максимального значения. Дальнейшее нажатие на тормозную педаль с целью увеличения давления в контурах тормозного привода соответствующих колес (тормозных сил), которые еще не достигли оптимальной величины скольжения, приведет к увеличению скольжения у колес, достигших оптимального скольжения первыми.

Кроме того, качение заторможенного колеса со скольжением более оптимального является не устойчивым [4, 5], так как при неизменной величине тормозного момента на колесе скорость скольжения растет и за короткое время достигает своего максимального значения и блокируется. Вследствие чего возникает занос. Коэффициент сцепления при этом снижается, и, как результат, - уменьшается тормозная сила и величина замедления автомобиля.

Во-вторых, такой процесс торможения оказывает существенное



и ширина легкового автомобиля, м, (табл. 1);  $v_0$  – начальная скорость торможения автомобиля, м/с;  $F_w$  – площадь Миделя, м<sup>2</sup>;  $K_1$  и  $K_2$  – конструктивные коэффициенты тормозов передней и задней осей [12];  $\beta_d$  – величина действительного коэффициента распределения тормозных сил;

$$\beta_d = \frac{P_{T1}}{P_{T1}+P_{T2}} = \frac{K_1 \cdot p_1}{K_1 \cdot p_1 + K_2 \cdot p_2}, \quad (2)$$

где  $p_1, p_2$  – величина приводного давления в тормозных контурах передней и задней осей, изменяемая по определенному закону.

Выразив коэффициент торможения в виде

$$z = \frac{K_1}{K_1+K_2} \cdot \left[ \frac{\varphi}{\beta_d} + \frac{K_0 \cdot F_w \cdot v_0^2 \cdot (K_1+K_2)}{K_1 \cdot m_a \cdot g} \right], \quad (3)$$

получим зависимость для оценки замедления автомобиля с учетом аэродинамического фактора [12].

Для оценки остаточной эффективности тормозной системы легкового автомобиля введем коэффициент относительной тормозной силы, который равен отношению величин действительных осевых тормозных сил к предельным по условию сцепления

$$m_{Ti} = \frac{P_{Ti}}{[P_{Ti}]}, \quad (2)$$

где  $P_{Ti}$  – действительная тормозная сила, развиваемая на  $i$ -ой оси легкового автомобиля;  $[P_{Ti}]$  – предельная тормозная сила на  $i$ -ой оси легкового автомобиля.

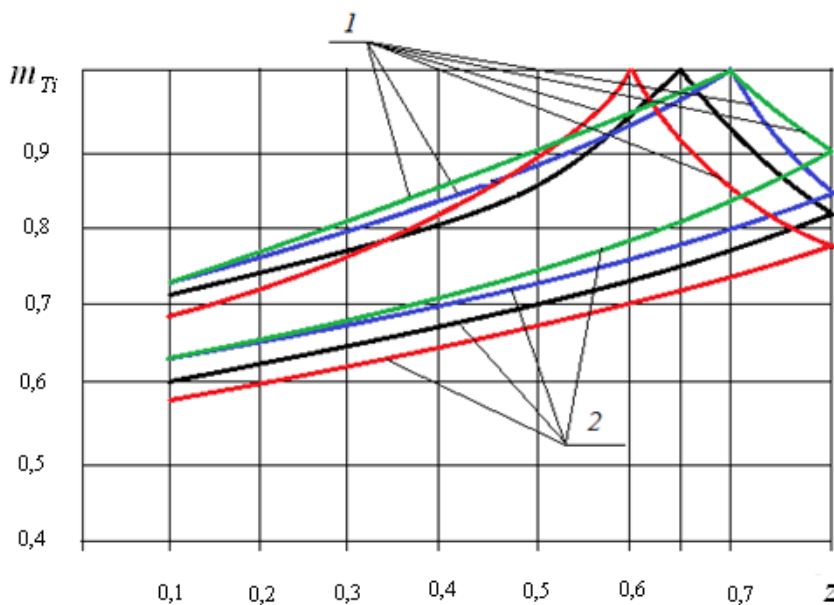
Уточненные аналитические зависимости для определения нормальных реакций на передней оси  $R_{z1}$  и задней оси  $R_{z2}$  легкового автомобиля с учетом действия аэродинамических сил были определены ранее в работе [12].

При помощи полученных зависимостей построены графические зависимости  $m_T = f(z)$  коэффициента изменения относительной тормозной силы от коэффициента торможения для рассматриваемых легковых автомобилей, тормозные системы которых оборудованы различными устройствами регулирования приводного давления. Кривые обозначены цветом: черным – для Lanos; красным – для Lada Priora; зеленым – для Chevrolet Aveo; синим – для Forza.

Анализ кривых (см. рис.2) изменения тормозной силы легковых автомобилей при торможении без блокирования колес показывает, что наибольшее значение коэффициент достигает для автомобилей Chevrolet при наличии в тормозной системе клапана-компенсатора  $m_T = 0,72 - 1,0$ , тогда при АБС  $m_T = 0,62 - 0,9$ , что объясняется более высокой эффективностью в эксплуатации.

При чем, для всех рассматриваемых автомобилей максимального значения коэффициент реализованной тормозной силы достигает в диапазоне

коэффициента торможения  $z = 0,6 - 0,7$ , что объясняется выбранным различным значением оптимального коэффициента сцепления для разных моделей эксплуатируемых автомобилей.



1 – при наличии клапана-компенсатора; 2 – при наличии ABS

**Рис. 2. Зависимость коэффициента относительной тормозной силы легковых автомобилей от коэффициента торможения**

### Выводы

Проблему обеспечения тормозной эффективности автомобилей в процессе эксплуатации можно решить путем отслеживания изменения величины замедления по изменению относительной тормозной силы автомобиля.

На основании полученных зависимостей предложены рекомендации по выбору действительного постоянного распределения тормозных сил между осями, обеспечивающего повышение эффективности торможения легковых автомобилей в эксплуатационный период. Это возможно только за счет автоматического регулирования давления в контурах тормозного привода при использовании электронных систем, контролирующих частоту (замедление) вращения колес и нормальную нагрузку на этих же колесах.

### Список литературы

1. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / [Подригало М.А., Волков В.П., Кирчатый В.И., Бобошко А.А.]; под ред. М.А. Подригало. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 403 с.
2. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / [Подригало М.А., Волков В.П., Карпенко В.А. и др.]; под ред. М.А. Подригало. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 614 с.
3. Ярещенко Н.В. Довгострокове прогнозування швидкостей руху на

автомобільних дорогах [Текст]: автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.11 «Автомобільні дороги та аеродроми» / Н.В. Ярещенко. – Харків, 1999. – 16с.

4. Бобошко А.А. Оценка предельных по условиям сцепления колес с дорогой, показателей управляемости автомобилей и тракторов / Бобошко А.А. // Автомобильный транспорт. – Х., 2001. – Вып. 7. – с. 92-94.

5. Бобошко А.А. Оценка предельных по сцеплению колес с дорогой показателей поворотливости автомобилей / Бобошко А.А. // Вестник СевГТУ. – Севастополь, 2002. – Вып. 36. – с. 131-134.

6. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій М, N, і О стосовно гальмування (Правила ЕЭК ООН N 13-09:2000, IDT): ДСТУ UN/ECE R 13-09-2002. – [Чинний від 01.07.2005]. – Офіц. вид. – (Державний стандарт України).

7. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування: ДБН В.2.3-4:2007. – [Чинні від 2008-03-01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с.

8. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання (БЗ №11-12-2010/436): ДСТУ 3649: 2010. – Офіц. вид. – [Чинний від 28.11.2010]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 26 с. – (Національний стандарт України).

9. Агейкин Я.С. Теория автомобиля [Электронный ресурс]: учеб. пособ. / Я.С. Агейкин, Н.С. Вольская. – М.: МГИУ, 2008. – 318 с. – Режим доступа: <http://www.books.google.com.ua/books>.

10. Петров М.А. Работа автомобильного колеса в тормозном режиме / Петров М.А. – Омск: СибАДИ, 1972. – 224с.

11. Федосов А.С. Исследование потенциальных сцепных возможностей автомобиля при действии боковой силы в процессе торможения / Федосов А.С., Подригало М.А. // Автомобильный транспорт. – К.: Техника, 1980. – Вып. 17. – с.73-78

12. Назаров В.И. Перераспределение вертикальных нагрузок при экстренном торможении легкового автомобиля, движущегося в воздушном потоке на горизонтальном участке дороги / Назаров В.И. // Вісник НТУ «ХП»: Серія «Механіка та машинобудування». – Харків, 2015. - №1. – С. 102-110.

13. Сафонов А.И. О развитии тормозных систем [Текст] / А.И. Сафонов // Вестник машиностроения. – М.: Машиностроение, 2011. – №12. – С. 37-44. – ISSN 0042-4633.

*Научный руководитель: Назаров Александр Иванович – к. т. н., доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: hefer64@ukr.net*