

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК: 629.331

Ю.И. Молев¹, Д.Н. Прошин²

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНО-ДОПУСТИМОЙ РАЗНИЦЫ В ВЕЛИЧИНАХ КОЭФФИЦИЕНТОВ СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЁС ПЕРЕДНЕЙ И ЗАДНЕЙ ОСЕЙ АВТОМОБИЛЯ С ДОРОГОЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ АТОМОБИЛЯ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Волжский государственный инженерно-педагогический университет²

Рассматриваются особенности торможения автомобиля, оснащённого разными типами шин на передней и задней осях, выработаны требования к максимально допустимой разнице в величинах коэффициентов сцепления передних и задних колес с дорогой, обеспечивающие безопасность выполнения данного манёвра.

Ключевые слова: торможение, устойчивость, коэффициент сцепления.

В ближайшее время одним из приоритетных направлений развития народного хозяйства будет являться повышение безопасности дорожного движения. Одним из путей снижения аварийности на наших дорогах является анализ действия водителей при возникновении опасности для движения и определение поведения автомобиля (управляемости) при контраварийных манёврах. Так, одним из средств, повышающих управляемость транспортных средств при экстренном торможении, является опережающее блокирование колёс передней оси по отношению к задней. Данное условие выполняется применением специальных устройств тормозной системы, наиболее распространёнными из которых являются регулятор тормозных сил или блок управления АБС. При этом данные устройства конструируются на заводах с учётом, что на передних и задних осях установлены одинаковые шины, которые имеют примерно одинаковый коэффициент сцепления колеса с дорогой. Именно в такой комплектации и покидают автомобили территорию завода. Однако в период эксплуатации действующими нормативными документами допускается устанавливать на разные оси автомобиля различные шины, коэффициент сцепления с дорогой которых может быть различным [6]. Покажем как влияет разница в данном параметре между колёсами задней и передней оси автомобиля на устойчивость транспортных средств при торможении. Общая схема торможения автомобиля представлена на рис. 1.

Величина сцепного веса для разных типов автомобиля, условий загрузки различна. Так, для нерегулируемой тормозной системы его значение может быть найдено из условия [10]

$$m(\varphi) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \frac{h}{b}(\varphi_0 - \varphi)}, & \text{где } \varphi < \varphi_0, \\ \frac{1}{1 + \frac{h}{b}(\varphi_0 + \varphi)}, & \text{где } \varphi > \varphi_0, \end{cases} \quad (1)$$

где φ_0 – коэффициент сцепления, при котором происходит одновременная блокировка колёс передней и задней оси, определяемый из уравнения

$$\varphi_0 = \frac{\frac{a}{L}(1+k) - k}{\frac{h}{L}(1+k)}, \quad (2)$$

где k – соотношение тормозных сил по осям автомобиля. Для регулируемой тормозной системы на начальном этапе происходит изменение сцепного веса по зависимости 1, а после срабатывания регулятора – по следующей зависимости:

$$m(\varphi) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \frac{h}{b}(\varphi_0 - \varphi)}, & \text{где } \varphi < \varphi_0, \\ \frac{1 + \frac{\varphi_0 \varphi_1}{\varphi}}{1 + \frac{h}{b}|\varphi_1 + \varphi_0 - \varphi|}, & \text{где } \varphi > \varphi_0, \end{cases} \quad (3)$$

где φ_1 – максимальный расчётный коэффициент сцепления, при котором происходит одновременная блокировка колёс передней и задней оси, согласно п. 3.1.2.1 прил. 10 ГОСТ Р 41.13-99 (по Правилам ЕЭК ООН № 13 для легковых автомобилей должно быть не более 0,15). Для автомобилей, оснащённых антиблокировочной тормозной системой, $m(\varphi) > 0,75$ [1, 2].

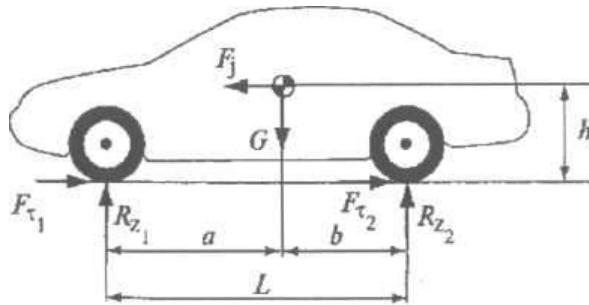


Рис. 1. Силы, действующие на автомобиль при торможении:

G – вес автомобиля, R_{z1} – нормальная реакция дороги на переднем мосту; R_{z2} – нормальная реакция дороги на заднем мосту; $F_{\tau 1}$ – тормозная сила, действующая на передний мост; $F_{\tau 2}$ – тормозная сила, действующая на задний мост; F_j – сила инерции автомобиля; L – база автомобиля; h – высота центра тяжести; a, b – расстояние от центра масс до передней и задней осей соответственно

Автором [10] были получены зависимости по определению времени достижения колёс грани блокирования:

$$\begin{cases} t_{11} = \frac{G_1 \varphi}{B_1 \left[1 - \frac{h}{L} \varphi (1+k) K_0 \right]} \\ t_{12} = \frac{G_2 \varphi k}{B_2 \left[1 - \frac{h}{L} \varphi (1+k) K_0 \right]} \end{cases} \text{ - для нерегулируемой тормозной системы} \quad (4)$$

$$\begin{cases} t_{11} = \frac{\frac{G_1 \varphi}{B_1} + \frac{h}{L} \varphi \left[k(1-W) \frac{M_{\alpha} g \varphi}{B_1 + B_2} \right]}{B_1 \left[1 - \frac{h}{L} \varphi (1+k) K_0 \right]} \\ t_{12} = \frac{G_2 \varphi k}{B_2 \left[1 - \frac{h}{L} \varphi (1+k) K_0 \right]} \end{cases} \text{ - для тормозной системы с регулятором тормозных сил} \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{11} = \frac{G_1 \varphi \xi_1}{B_1 \left[1 - \frac{h}{L} \varphi \xi_1 (1+k) K_0 \right]} \\ t_{12} = \frac{M_{\alpha} g \varphi \xi_2}{B_2 K_0} - \frac{G_1 \varphi \xi_1}{B_2 K_0 \left[1 - \frac{h}{L} \varphi \xi_1 (1+k) \right]} \end{array} \right. \quad \text{- для автомобилей с АБС.} \quad (6)$$

ξ_1 и ξ_2 – коэффициенты качества работы АБС соответственно для передней и задней осями автомобиля; B_1 и B_2 - коэффициенты преобразования давления в тормозной магистрали в величину развиваемого тормозного усилия соответственно.

В данных уравнениях под W – понимается коэффициент передачи РТС, определяемый из условия:

$$W = \frac{k - \frac{h}{L} \varphi_1 (1+k)}{k \left[1 + \frac{h}{L} \varphi_1 (1+k) \right]}. \quad (7)$$

Определить предельно допустимую разницу в коэффициентах сил сцепления колёс передней и задней осей можно, воспользовавшись уравнениями (5) и (6) (в связи с отсутствием актуальности расчёта параметров нерегулируемой тормозной системы как практически не применяемой в настоящее время) путём приравнивания времени достижения блокировки колёс передней и задней оси:

- для системы с регулятором тормозных сил:

$$\frac{\frac{G_1 \varphi}{B_1} + \frac{h}{L} \varphi \left[k(1-W) \frac{M_{\alpha} g \varphi}{B_1 + B_2} \right]}{B_1 K_0 \left[1 - \frac{h}{L} \varphi_1 (1+k) \right]} = \frac{G_2 (\varphi + \Delta \varphi) k}{B_2 K_0 \left[1 - \frac{h}{L} \varphi (1+k) \right]} \quad (8)$$

- для системы с АБС

$$\frac{G_1 \varphi \xi_1}{B_1 \left[1 - \frac{h}{L} \varphi \xi_1 (1+k) K_0 \right]} = \frac{M_{\alpha} g \varphi \xi_2}{B_2 K_0} - \frac{G_1 \varphi \xi_1}{B_2 K_0 \left[1 - \frac{h}{L} \varphi \xi_1 (1+k) \right]}. \quad (9)$$

Тогда допустимая разница в величинах сцепления колёс передней и задней оси может быть найдена из уравнений (8) и (9) путём математических преобразований:

$$\Delta \varphi = \frac{\frac{G_1 \varphi}{B_1} + \frac{h}{L} \varphi \left[k(1-W) \frac{M_{\alpha} g \varphi}{B_1 + B_2} \right] B_2}{B_1 G_2 k} \left(\frac{1 - \frac{h}{L} \Delta \varphi (1+k)}{1 - \frac{h}{L} \varphi (1+k)} + 1 \right) - \varphi \quad (10)$$

$$\Delta \varphi = \frac{\frac{G_1 \varphi}{B_1} + \frac{h}{L} \varphi \left[k(1-W) \frac{M_{\alpha} g \varphi}{B_1 + B_2} \right] B_2}{B_1 G_2 k} \left(\frac{1}{1 - \frac{h}{L} \varphi (1+k)} + 1 \right) - \varphi; \quad (11)$$

$$1 + \frac{\frac{G_1 \varphi}{B_1} + \frac{h}{L} \varphi \left[k(1-W) \frac{M_{\alpha} g \varphi}{B_1 + B_2} \right] B_2}{B_1 G_2 k} \left(\frac{\frac{h}{L} (1+k)}{1 - \frac{h}{L} \varphi (1+k)} + 1 \right)$$

Учитывая, что $B_1 = W(B_1 + B_2)$, а $B_2 = (1-W)(B_1 + B_2)$, получим

$$\Delta\varphi = \frac{\frac{G_1\varphi}{B_1} + \frac{h}{L}\varphi[k(1-W)^2G\varphi]}{B_1G_2k} \left(\frac{1}{1 - \frac{h}{L}\varphi(1+k)} + 1 \right) - \varphi \quad (12)$$

$$1 + \frac{\frac{G_1\varphi}{B_1} + \frac{h}{L}\varphi[k(1-W)^2G\varphi]}{B_1G_2k} B_2 \left(\frac{\frac{h}{L}(1+k)}{1 - \frac{h}{L}\varphi(1+k)} + 1 \right)$$

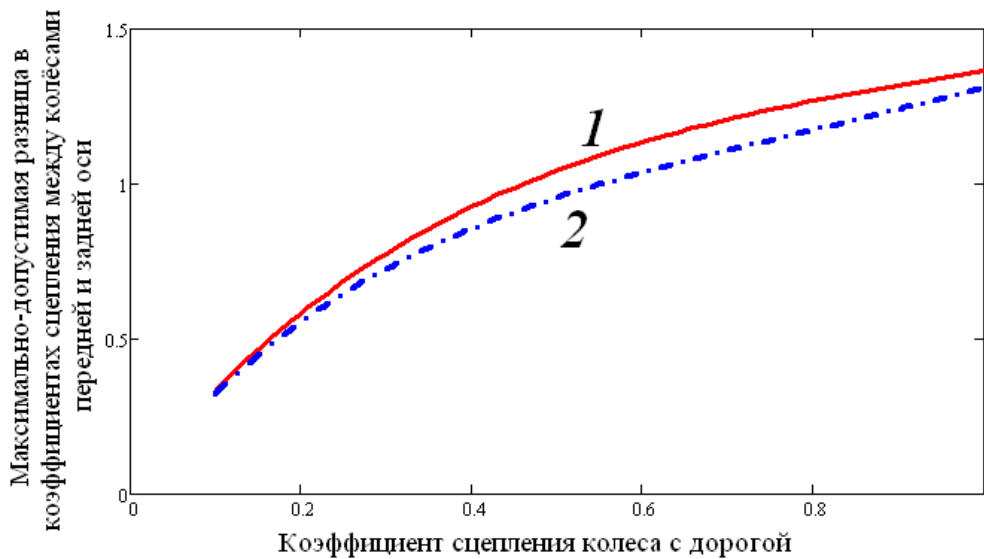


Рис. 2. Зависимость между максимально возможной разницей коэффициентов сцепления колёс передней и задней осей автомобиля от минимального значения величины сцепления: 1 – легковые автомобили; 2 – грузовые

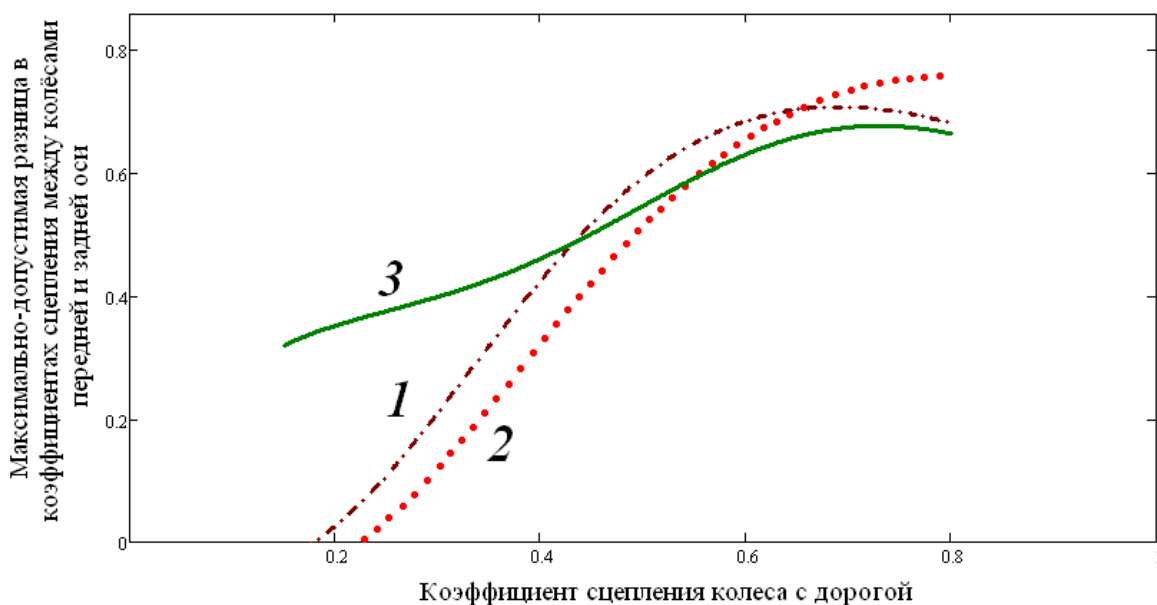


Рис. 3. Зависимость между максимально возможной разницей между коэффициентами сцепления колёс передней и задней осей автомобиля от минимального значения величины сцепления: 1 – легковые автомобили; 2 – грузовые автомобили; 3 – легковые автомобили, оснащённые АБС

С учётом того, что тормозное усилие на передней оси ограничивается только коэффициентом сцепления колеса с дорогой $B_1 P_0 = G_1 \varphi$, получим

$$\Delta\varphi = \frac{\frac{P_0 + \frac{h}{L}\varphi [k(1-W)^2 G\varphi]}{B_1 G_2 k} \left(\frac{1}{1 - \frac{h}{L}\varphi(1+k)} + 1 \right) - \varphi}{1 + \frac{P_0 + \frac{h}{L}\varphi [k(1-W)^2 G\varphi] B_2 \left(\frac{\frac{h}{L}(1+k)}{1 - \frac{h}{L}\varphi(1+k)} + 1 \right)}{B_1 G_2 k}}. \quad (13)$$

$$\Delta\varphi = \frac{\frac{G\varphi W + \frac{h}{L}\varphi [k(1-W)^2 G\varphi]}{B_1 G_2 k} \left(\frac{1}{1 - \frac{h}{L}\varphi(1+k)} + 1 \right) - \varphi}{1 + \frac{G\varphi W + \frac{h}{L}\varphi [k(1-W)^2 G\varphi] B_2 \left(\frac{\frac{h}{L}(1+k)}{1 - \frac{h}{L}\varphi(1+k)} + 1 \right)}{B_1 G_2 k}}. \quad (14)$$

Решение данного уравнения для ряда автомобилей показано на рис. 2 и рис. 3. Полученные данные свидетельствуют о том, что максимальную опасность представляют торможения на дорогах с невысоким коэффициентом сцепления. При этом максимальная разница в коэффициентах сцепления, обеспечивающая отсутствие заноса транспортных средств будет составлять 0,3 для автомобилей с АБС и 0 для автомобилей, оснащённых регуляторами тормозных сил.

Полученные данные позволят разработать новые требования к транспортным средствам, находящимся в эксплуатации, и сократить количество дорожно-транспортных происшествий, обусловленных заносом (потерей управляемости транспортных средств при торможении).

Библиографический список

1. **ГОСТ Р 41.13-99** (Правило ЕЭК ООН № 13) Введ. 2000-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 27 с.
2. **ГОСТ Р 41.13Н-99** (Правило ЕЭК ООН № 13Н) Введ. 2000-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 13 с.
3. **ГОСТ Р 51709-2001** Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. Введ. 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 42 с.
4. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель / под ред. А.А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
5. **Иларионов, В.А.** Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989.
6. Основные положения по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения (Утверждены Постановлением Совета Министров Правительства РФ от 23.10.1993 г. № 1090 в редакции Постановлений Правительства РФ от 21.04.2000 № 370, от 24.01.2001 № 67, от 21.02.2002 № 127, от 07.05.2003 № 265, от 25.09.2003 № 595, от 14.12.2005 № 767, от 28.02.2006 № 109, от 16.02.2008 № 84, от 19.04.2008 № 287, от 27.01.2009 № 28).
7. **РД 37.001.109-89.** Инспекционные испытания автотранспортных средств. Программа и методы испытаний. – Дмитров: НИИЦАМТ, 1989. – 53 с.

8. **РД 37.001.118-89.** Типовая методика эксплуатационных испытаний автотранспортных средств в умеренной климатической зоне. – Дмитров: НИИЦАМТ, 1989.-10 с.
9. **Рябчинский, А.И.** Устойчивость и управляемость автомобиля и безопасность дорожного движения: учеб. пособие / А. И. Рябчинский, В. З. Русаков, В. В. Карпов. – Шахты: МАДИ ГТУ, 2003. – 176 с.
10. **Соцков Д.А.** Повышение активной безопасности автотранспортных средств при торможении. Дисс. ... д-ра техн. наук. 05.05.03. – Владимир, 1988. – 547с.

*Дата поступления
в редакцию 02.04.2010*

Y.I. Molev, D.N. Proshin

**DETERMINATION OF MAXIMUM ALLOWED DIFFERENCE BETWEEN GRIP
OF THE FRONT AND REAR CAR WHEELS, FOR ENSURE STABILITY
WHEN DRIVER IS BRAKING**

This article has devoted of problems traffic safety, namely - stability car when driver is braking when automobile has armed by different type of tire.

Key words: braking, stability, grip.