

УДК 629.33

DOI: 10.35211/2500-0586-2024-3-48-48-51

Е. В. Балакина, И. В. Сергиенко, С. А. Ширяев

УЛУЧШЕНИЕ ТОРМОЗНОЙ ДИНАМИКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ С АБС ЗА СЧЕТ ВЫБОРА РАЗМЕРОВ КОЛЕС*

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

fahrgestell2011@andex.ru, sergienko-1993@mail.ru, sh-sa@vstu.ru

Автор, ответственный за переписку: Иван Васильевич Сергиенко, sergienko-1993@mail.ru

Результаты численных расчетов параметров движения прототипа легкового автомобиля с АБС показали, что с точки зрения улучшения тормозной динамики значения свободных радиусов передних колес должны быть минимальными с учетом ограничений по нагрузочной способности шин. Изменение свободного радиуса задних колес эффекта по тормозной динамике не имеет. Получена зависимость для проектного выбора радиусов управляемых колес передней оси прототипа автомобиля.

Показано, что существует принципиальная возможность обеспечения 25 % диапазона изменений тормозного пути легкового автомобиля за счет оптимизации значений свободных радиусов передних управляемых колес.

Ключевые слова: легковой автомобиль, АБС, тормозная динамика, численное моделирование, размеры колес

© Балакина Е. В., Сергиенко И. В., Ширяев С. А., 2024.

* Исследование выполнено за счет средств программы развития ВолгГТУ «Приоритет 2030», в рамках научного проекта № 9/650-24.

E. V. Balakina, I. V. Sergienko, S. A. Shiryayev

IMPROVING THE BRAKING DYNAMICS OF A PASSENGER CAR WITH ABS DUE TO THE CHOICE OF WHEEL SIZES

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

The results of numerical calculations of the movement parameters of a prototype passenger car with ABS showed that in order to improve braking dynamics, the values of the free radii of the front wheels should be minimal, taking into account the restrictions on the load tire capacity. Changing the free radius of the rear wheels has no effect on braking dynamics. A dependence has been obtained for the design choice of the steering wheels radii of the prototype car front axle.

It is shown that there is a fundamental possibility of ensuring 25 % of the range of changes in the braking distance of a passenger car by optimizing the values of the free radii of the front steered wheels.

Keywords: passenger car, ABS, braking dynamics, numerical modeling, wheel sizes

Введение

Тормозная динамика автомобиля – важная составляющая его активной безопасности. Оценочные параметры тормозной динамики характеризуют способность автомобиля к быстрому снижению скорости, что возможно при быстром превращении его кинетической энергии движения в работу сил трения в элементах опорных колес и другие потери. Основными оценочными параметрами являются тормозной путь и установившееся замедление [1; 2].

Для улучшения тормозной динамики современные транспортные средства дополнительно снабжают антиблокировочными системами (АБС). Такая система встраивается в тормозную и регулирует постоянство продольного скольжения колес при торможении для обеспечения максимального коэффициента сцепления и снижения тормозного пути.

На проектируемых легковых автомобилях, не оснащенных антиблокировочными системами управления торможением, свободный радиус всех колес выбирают на основе требуемых размеров, соответствующих заданной нагрузочной способности шин. В связи с быстрым нарастанием продольного скольжения колес, с быстрым их блокированием при торможении, явления в контактных площадках, зависящие от свободных радиусов колес, не успевают повлиять на движение автомобиля.

Однако с появлением АБС ситуация изменилась. Выявлено, что при искусственном ограничении нарастания скольжения колес и отсутствии их блокирования некоторые факторы, связанные с их свободными радиусами, успевают повлиять на движение автомобиля при торможении [3; 4]. Алгоритмы систем могут быть различными, но результат один – близкий к максимальному коэффициент сцепления, что соответствует продольному скольжению колеса в диапазоне 0,15..0,25 [5–8].

Исходя из этого, создание методики выбора свободного радиуса колес является актуальной задачей для улучшения тормозной динамики легкового автомобиля с АБС. Резервом для выбора свободного радиуса является существование 30 %-ного диапазона диаметров современных колес одной и той же нагрузочной способности [3; 4].

Цель данного исследования – разработать методику и определить зависимость для выбора радиусов колес на разных осях легкового автомобиля с АБС по критерию улучшения его тормозной динамики.

Методы и подходы

Для разработки методики выбора сочетаний радиусов передних и задних колес автомобиля были приняты следующие обозначения: S_n – тормозной путь автомобиля с номинальными свободными радиусами передних и задних колес; S_b – тормозной путь автомобиля с измененными свободными радиусами передних и (или) задних колес; S_b^* – относительные значения тормозного пути автомобиля; r_{0n}, r_{01n} – номинальные свободные радиусы передних и задних колес прототипа автомобиля ($r_{0n} = r_{01n}$); r_0, r_{01} – текущие значения свободных радиусов передних и задних колес автомобиля ($r_0 \neq r_{01}$); K_{r0}, K_{r01} – коэффициенты конструктивного изменения свободных радиусов передних и задних колес, то есть:

$$S_b^* = \frac{S_b}{S_n}; K_{r0} = \frac{r_0}{r_{0n}}; K_{r01} = \frac{r_{01}}{r_{01n}}. \quad (1)$$

Для исследования был выбран объект – легковой автомобиль с АБС, принятый за прототип.

Авторами установлено, что современные легковые шины одной и той же нагрузочной способности имеют 30 %-ный разброс свобод-

ных радиусов. Для выбранного прототипа – это диапазон от -10% до $+20\%$ от номинальных значений.

Таким образом, возможный диапазон изменений K_{r0} , $K_{r01} = 0,9 \dots 1,2$.

После проведения серии вычислений в указанном диапазоне с шагом 5% при всех 49 возможных сочетаниях K_{r0} , K_{r01} были получены семь безразмерных зависимостей вида $S_b^* = f(r_{01}; a_S; b_S)$ для каждого K_{r0} , аппроксимированных одинаковыми степенными функциями с использованием программы «Curve expert professional».

Так как все функции имеют одинаковый вид (2):

$$S_b^* = a_S \cdot (K_{r01})^{b_S} \quad (2)$$

с постоянными коэффициентами a и b для каждого K_{r0} , то есть возможность поиска зависимостей $a_S = f(K_{r0})$ и $b_S = f(K_{r0})$. Аппроксимацией в программе «Curve expert professional» получены выражения (3) и (4):

$$a_S = \frac{0,98 + 0,0008 \cdot K_{r0}^{108}}{1 + 0,0007 \cdot K_{r0}^{108}}; \quad (3)$$

$$b_S = 0,68 \cdot K_{r0} + \frac{0,32}{K_{r0}^2} - 1. \quad (4)$$

Выражение (2) примет общий вид (5):

$$S_b^* = \frac{0,98 + 0,0008 \cdot K_{r0}^{108}}{1 + 0,0007 \cdot K_{r0}^{108}} \cdot K_{r1}^{(0,68 \cdot K_{r0} + \frac{0,32}{K_{r0}^2} - 1)} \quad (5)$$

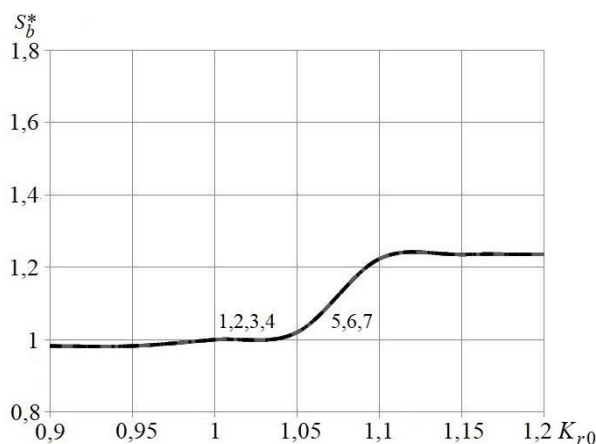


Рис. 1. Зависимость $S^* = f(K_{R0})$:

1 – $K_{r01} = 0,9$; 2 – $K_{r01} = 0,95$; 3 – $K_{r01} = 1$; 4 – $K_{r01} = 1,05$;
5 – $K_{r01} = 1,1$; 6 – $K_{r01} = 1,15$; 7 – $K_{r01} = 1,2$

Так как значения безразмерных коэффициентов K_{r0} , K_{r01} находятся в диапазоне от 0,9 до 1,2, то второй сомножитель формулы (6) приблизительно равен 1. Поэтому ее можно записать в виде (6):

$$S_b^* = \frac{0,98 + 0,0008 \cdot K_{r0}^{108}}{1 + 0,0007 \cdot K_{r0}^{108}}. \quad (6)$$

На рис. 1 и 2 показаны зависимости: $S_b^* = f(K_{r0})$, $S_b^* = f(K_{r01})$.

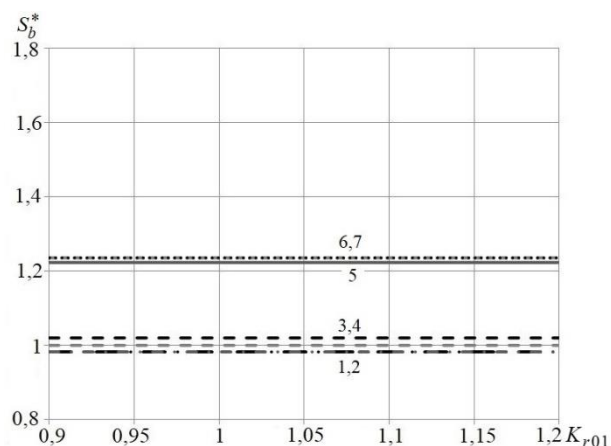


Рис. 2. Зависимость $S^* = f(K_{R01})$:

1 – $K_{r0} = 0,9$; 2 – $K_{r0} = 0,95$; 3 – $K_{r0} = 1$; 4 – $K_{r0} = 1,05$;
5 – $K_{r0} = 1,1$; 6 – $K_{r0} = 1,15$; 7 – $K_{r0} = 1,2$

Рис. 1 показывает принципиальные возможности изменения тормозного пути рассматриваемого прототипа легкового автомобиля до 25% за счет изменения свободных радиусов передних колес от -10% до $+20\%$ от номинальных значений. При этом нагрузочная способность шин сохраняется. Изменение свободного радиуса задних колес рассматриваемого прототипа легкового автомобиля, как видно из рис. 2, эффекта по тормозной динамике не дает.

Выводы

Тормозная динамика легкового автомобиля, являющаяся важным свойством активной безопасности, связана с конструктивными размерами его колес.

Современные легковые шины одной и той же нагрузочной способности имеют 30% -ный разброс свободных радиусов.

Результаты численных расчетов параметров движения прототипа легкового автомобиля с АБС показали, что с точки зрения улучшения тормозной динамики, значения свободных радиусов передних колес должны быть минимальными с учетом ограничений по нагрузоч-

ной способности шин. Изменение свободного радиуса задних колес эффекта по тормозной динамике не имеет. Получена зависимость для проектного выбора радиусов управляемых колес передней оси прототипа автомобиля. Она представляет собой математическую взаимосвязь безразмерных величин: относительных величин тормозного пути проектируемого автомобиля и коэффициентов конструктивного изменения свободного радиуса передних колес.

Показано, что существует принципиальная возможность обеспечения 25 %-ного диапазона изменений тормозного пути легкового автомобиля за счет оптимизации значений свободных радиусов передних управляемых колес.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарасик, В. П. Теория движения автомобиля: учебник для вузов / В. П. Тарасик. – СПб. : БХВ-Петербург, 2022. – 576 с.

2. Pacejka, H. B. 2012 Tire and Vehicle Dynamics (Published by Elsevier Ltd, USA).

3. Балакина, Е. В. Применение разных радиусов колеса в задачах моделирования свойств активной безопасности автомобилей / Е. В. Балакина, И. В. Сергиенко // Автомобильная промышленность. – 2019. – № 5. – С. 16–19.

4. Балакина, Е. В. Колеса разного радиуса на разных осях автомобиля / Е. В. Балакина, И. В. Сергиенко // Автомобильная промышленность. – 2021. – № 7. – С. 12–15.

5. Интеллектуальные системы помощи водителю: учебное пособие / А. М. Иванов, С. Р. Кристальный, Н. В. Попов, С. С. Шадрин. – М. : Изд-во МАДИ, 2019. – 100 с.

6. Hojong, Lee, Min Tae Kim, and Saied Taheri (2018) Estimation of Tire-Road Contact Features Using Strain-Based Intelligent Tire. Tire Science and Technology. – Vol. 46. – No 4. – P. 276–293.

7. Jimenez, E. and Sandu C. (2020) Experimental Investigation of the Tractive Performance of Pneumatic Tires on Ice. Tire Science and Technology (USA)^ January–March 2020. – Vol. 48. – No. 1. – P. 22–45.

8. Khaleghian, S. et al. (2017) A technical survey on tire-road friction estimation. Friction (China), 2017. – Vol. 5. – No. 2. – P. 123–146.