

УДК 629.3.016

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИЛ МЕЖДУ ОСЯМИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ СЛУЖЕБНЫХ ТОРМОЖЕНИЯХ

М.А. Подригало, проф., д.т.н., М.В. Байцур, доц., к.т.н.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Определен закон распределения тормозных сил между осями, обеспечивающий тенденцию опережающего блокирования передних колес автомобиля при служебных и экстренных торможениях на дорогах с различными значениями коэффициента сцепления.

Ключевые слова: тормозные свойства автомобиля, служебные торможения, распределение тормозных сил.

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА РОЗПОДІЛУ ГАЛЬМІВНИХ СИЛ МІЖ ОСЯМИ АВТОМОБІЛЯ ПІД ЧАС СЛУЖБОВИХ ГАЛЬМУВАНЬ

М.А. Подригало, проф., д.т.н., М.В. Байцур, доц., к.т.н.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Визначено закон розподілу гальмівних сил між осями, що забезпечує тенденцію випереджального блокування передніх коліс автомобіля під час службових і екстрених гальмувань на дорогах із різними значеннями коефіцієнта зчеплення.

Ключові слова: гальмівні властивості автомобіля, службові гальмування, розподіл гальмівних сил.

DEFINITION OF RATIONAL DISTRIBUTION COEFFICIENT OF BRAKING FORCES BETWEEN THE VEHICLE AXLES AT SERVICE BRAKE APPLICATION

M. Podryhalo, Prof., D. Sc. (Eng.), M. Baytsur, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The law of distribution of braking forces between the axles which provides the tendency of outrunning locking of front wheels of the car at service brake application and at emergency brake applications on roads with different friction coefficient is defined.

Key words: braking properties of the car, service brake application, distribution of braking forces.

Введение

В классической теории автомобиля оценку тормозных свойств и выбор рациональных параметров тормозной системы на стадии проектирования осуществляют для режима экстренного торможения, сопровождающегося блокировкой колес. Режим служебного торможения при проектировании автомобилей и их тормозных систем не рассматривается.

В данной статье служебные торможения рассматриваются как экстренные, но происходящие при более низких значениях коэффициента сцепления колес с дорогой, чем расчетные. Такой подход обеспечивает возможность реализации такого регулирования распределения тормозных сил, при котором будет сохраняться тенденция либо одновременного доведения до грани блокирования всех колес, либо опережающего блокирова-

ния передних колес автомобиля на дорогах с различным коэффициентом сцепления.

Анализ публикаций

В работах [1–3] определен идеальный по условию одновременного доведения до грани блокирования закон распределения тормозных сил между осями

$$\beta_{\text{ид}} = \frac{b + \varphi_x h}{L}, \quad (1)$$

где b – расстояние от задней оси автомобиля до проекции центра масс на горизонтальную плоскость, проходящую через оси машины; h – высота центра масс автомобиля; L – колесная база автомобиля; φ_x – продольный коэффициент сцепления колес с дорогой.

Однако указанный закон (1) распределения тормозных сил между осями соответствует случаю торможения автомобиля со всеми заблокированными колесами, поскольку исходная физическая модель предусматривала приложение тормозных сил в пятне контакта колес с дорогой. Проведенные позднее исследования [4] показали, что на незаблокированных колесах тормозные силы приложены на осях колес. При этом одновременное доведение до грани блокирования не означает одновременного блокирования колес. При поддержании передних и задних колес на пределе блокирования реализуется идеальный по условию одновременного доведения до грани блокирования закон распределения тормозных сил между осями [4]

$$\beta'_{\text{ид}} = \frac{P_{T1}}{P_{T1} + P_{T2}} = \frac{R_{Z1}}{G_a} = \frac{\frac{b}{L} + \varphi_x \frac{h - r_{d2}}{L}}{1 - \varphi_x \frac{r_{d2} - r_{d1}}{L}}, \quad (2)$$

где P_{T1} , P_{T2} – суммарные тормозные силы на колесах передней и задней осей; G_a – вес автомобиля; R_{Z1} – суммарная нормальная реакция дороги на колесах передней оси; r_{d1} , r_{d2} – динамические радиусы передних и задних колес соответственно.

После доведения передних и задних колес до грани блокирования возможна блокировка задних колес, поскольку при дальнейшем увеличении тормозных моментов на колесах

происходит увеличение нормальной нагрузки на передние колеса и снижение – на задние.

Коэффициенты распределения суммарных касательных реакций между осями в этом случае:

– при случайном блокировании передних колес

$$\beta'_x = \frac{R_{Z1}}{G_a} = \frac{\frac{b}{L} + \varphi_x \frac{h - r_{d1}}{L}}{1 - \varphi_x \frac{r_{d1}}{L}}; \quad (3)$$

– при случайном блокировании задних колес

$$\beta''_x = \frac{R_{Z1}}{G_a} = \frac{\frac{b}{L} + \varphi_x \frac{h - r_{d1}}{L}}{1 + \varphi_x \frac{r_{d1}}{L}}. \quad (4)$$

В выводе уравнений (3) и (4) в работе [4] принималось допущение того, что $r_{d1} = r_{d1} = r_{d1}$. В работе [5], с учетом указанного допущения и использования соотношения

$$j_x = \varphi \cdot g, \quad (5)$$

получен закон распределения тормозных сил

$$\beta^*_{\text{ид}} = \frac{b}{L} + \frac{j_x}{g} \frac{h - r_{d1}}{L}. \quad (6)$$

Результаты расчетов для условного автомобиля ($b/l=0,5$; $h/l=0,25$; $r_{d1}/L=0,15$; $\varphi=0,8$), выполненных по формуле (6) в работах [6, 7], соответствовали рекомендациям Д.А. Антонова [3] для случая повышения устойчивости машины при служебных торможениях. Однако реализация закона распределения тормозных сил (6) не предотвращает опережающего блокирования задних колес автомобиля на дорогах с низким коэффициентом сцепления.

Цель и постановка задачи

Целью исследования является повышение безопасности движения за счет улучшения тормозных свойств автомобилей при служебных торможениях путем реализации рационального закона распределения тормозных сил между осями.

Определение рационального коэффициента распределения тормозных сил

При проектировании тормозной системы автомобиля необходимо закладывать такой закон распределения тормозных сил между осями, который бы обеспечивал тенденцию опережающего блокирования передних колес при любых значениях коэффициента сцепления колес с дорогой и замедлениях автомобиля при служебных торможениях. Учитывая соотношение (5) и принимая $\beta'_x = \beta_{\text{пер}}(j_x)$, преобразуем выражение (3)

$$\beta_{\text{пер}}(j_x) = \frac{\frac{b}{L} + \frac{j_x}{g} \frac{h-r_d}{L}}{1 - \frac{j_x}{g} \frac{r_d}{L}}, \quad (7)$$

где $\beta_{\text{пер}}(j_x)$ – функция изменения распределения тормозных сил между осями, обеспечивающая опережающее блокирование передних колес.

Реализация закона распределения (7) тормозных сил между осями обеспечивает тенденцию опережающего блокирования передних колес автомобиля, как при служебных, так и при экстренных торможениях на дорогах с различными значениями коэффициента сцепления. Это возможно при наличии датчика ускорений, сигнал от которого может быть использован в системе регулирования. На рис. 1 приведен график зависимости (6) и зависимости (7) для условного автомобиля ($b/l=0,5$; $h/l=0,25$; $r_d/L=0,15$).

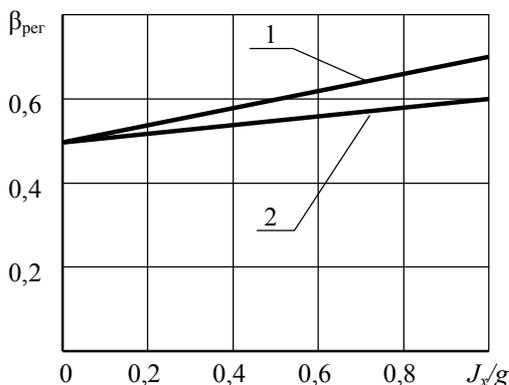


Рис. 1. Зависимость коэффициента распределения тормозных сил от относительного замедления для условного автомобиля: 1 – график зависимости $\beta_{\text{пер}}(j_x/g)$; 2 – график зависимости $\beta_{\text{ид}}^*(j_x/g)$

Анализ графиков на рис. 1 показал, что с ростом j_x/g изменение величины коэффициента распределения $\beta_{\text{пер}}$ существенно больше, чем $\beta_{\text{ид}}^*$, – это необходимо учитывать при проектировании тормозной системы автомобиля.

Выводы

Полученное аналитическое выражение позволяет выполнять синтез систем регулирования тормозных сил при служебных торможениях.

Литература

1. Булгаков Н.А. Исследование динамики торможения автомобиля / Н.А. Булгаков, А.Б. Гредескул, С.И. Ломака // Научное сообщение. – 1962. – №18. – 36 с.
2. Вопросы динамики торможения и рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б.Б. Генбом, Г.С. Гудз, В.А. Демьянюк и др.; под ред. Б.Б. Генбома. – Львов: Вища школа, 1974. – 234 с.
3. Антонов Д.А. Теория устойчивости движения многосных автомобилей / Д.А. Антонов. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.
4. Подригало М.А. Новое в теории эксплуатационных свойств автомобилей и тракторов / М.А. Подригало. – Х.: Академия ВВ МВД Украины, 2013. – 222 с.
5. Подригало М.А. Уточнение коэффициента распределения тормозных сил между осями автомобиля при служебных торможениях / М.А. Подригало, В.П. Волков, В.Н. Павленко // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Серія «Машинобудування та транспорт». – 2011. – Вип. 121. – С. 7–10.
6. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / М.А. Подригало, В.П. Волков, В.И. Кирчатый, А.А. Бобшко; под ред. М.А. Подригало. – Х.: ХНАДУ, 2003. – 404 с.
7. Устойчивость колесных машин против заноса в процессе торможения и пути ее повышения / М.А. Подригало, В.П. Волков, В.А. Павленко, В.Н. Павленко и др.; под ред. М.А. Подригало. – Х.: ХНАДУ, 2006. – 376 с.

Рецензент: В.И. Клименко, профессор, к.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 3 августа 2015 г.