

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ЗНАЧЕНИЙ БОКОВЫХ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЗАТОРМАЖИВАЕМЫЙ АВТОМОБИЛЬ

***Балакина Е.В., Сарбаев Д.С., Сергиенко И.В.,
Кочетов М.С., Татаринцев А.Е.***

Ключевые слова: боковая сила, колесо, автомобильная шина, нагрузка, поворот, торможение.

Аннотация. В данной статье приведены данные о целесообразности учета только боковой центробежной силы, действующей на автомобиль при повороте в задачах устойчивости, управляемости и тормозной динамики автомобиля.

ANALYSIS OF POSSIBLE VALUES OF LATERAL FORCES OPERATING A BRAKED VEHICLE

***Balakina E.V., Sarbaev D.S., Sergienko I.V.,
Kochetov M.S., Tatarintsev A.E.***

Keywords: lateral force, wheel, car tire, load, turning, braking.

Abstract. This article presents data on the appropriateness of taking into account only the lateral centrifugal force acting on the car when turning in the problems of stability, controllability and braking dynamics of the car.

На возможности реализации сцепных свойств колеса с дорогой, в значительной степени определяющих устойчивость движения и управляемость машины, оказывают существенное влияние действующие на автомобиль боковые силы. Природа боковых сил различна. Является весьма необходимым оценить их величины для последующего их целесообразного учета при рассмотрении задач устойчивости, управляемости и тормозной динамики автомобиля.

При эксплуатации автомобиля могут возникать следующие виды боковых сил:

- центробежная сила, действующая на автомобиль при его повороте с известной скоростью на дорогах различных категорий с наименьшим радиусом кривых в плане;
- центробежная сила, действующая на автомобиль при перестановках во время его движения по прямой дороге;
- боковая составляющая силы веса от поперечного уклона дороги;
- боковая сила, возникающая от неодинакового развала колес;
- боковая сила, возникающая от наклона плоскости вращения колеса при его повороте вокруг оси шкворня;
- боковая сила, возникающая от неравномерности тормозных моментов по бортам как по причине неоднородности условий в пятнах контакта колес, так и по причине неодинаковой эффективности тормозов.

При повороте на дорогах всех категорий с расчетной скоростью и наименьшим радиусом кривых в плане появляется центробежная сила,

величина которой составляет приблизительно 20% от веса автомобиля. Она направлена от центра поворота.

В таблице 1 приведены расчетные значения отношения боковой силы к нормальной нагрузке P_y/R_z в процентах и соответствующие им скорости движения при повороте с небольшими радиусами, имеющими место при перестановках автомобиля. Рассматриваемая боковая сила направлена от центра поворота при перестановке.

Табл. 1. Величины боковой силы, действующей на автомобиль при перестановках автомобиля

Радиус поворота при перестановке автомобиля, м	Отношение боковой силы к нормальной нагрузке P_y/R_z , %	Скорость автомобиля, при которой вероятно возникновение указанной боковой силы, км/ч
5	0,8	22
	1	25
10	0,8	32
	1	36
20	0,8	45
	1	50
30	0,8	55
	1	62
40	0,8	64
	1	71

При движении автомобиля по дороге с заданным видом покрытия, на машину всегда действует боковая сила от поперечного наклона дороги, направленная в сторону уклона и равная по величине от 1,5 до 4% от веса автомобиля. Для асфальтобетонной или цементобетонной дороги она составляет 1,5...2%.

Рассмотрим боковую силу, возникающую от неодинакового развала колес. На современных автомобилях угол развала α_p обычно не превышает 1° . Он вызывает боковую реакцию опорной поверхности R_{yap} , которую можно определить из аппроксимированной зависимости экспериментальных данных Литвинова А.С.: $R_{yap} \approx 0,017\alpha_p \cdot m_1 g$ (угол α_p – в градусах). Реакции R_{yap} соответствует боковая сила P_y , направленная противоположно развалу. Примем разность развала левого и правого колеса равной величине 1° . В этом случае отношение $P_y/R_z=1,7\%$.

Рассмотрим боковую силу, возникающую от поперечного наклона плоскости вращения колеса при его повороте вокруг оси шкворня. Она соответствует реакции, вычисляемой по той же формуле $R_{yap} \approx 0,017\alpha_p \cdot m_1 g$ (угол α_p – в градусах), поскольку при повороте вокруг оси шкворня колесо

дополнительно разваливается независимо от направления поворота. При угловых колебаниях управляемых колес с амплитудами угла поворота вокруг оси шкворня до 3° величина R_{yap} может достигать $R_{yap} = 0,02...0,025m_1g$. Это соответствует для одиночного колеса $P_y / R_z = 2...2,5\%$. При этом появившаяся боковая сила направлена противоположно появившемуся развалу колеса.

Оценим величину дополнительной боковой силы, возникающей от неравномерности тормозных моментов по бортам автомобиля.

$$P_y = \frac{\Delta M_T}{R_0} \cdot \frac{K_a}{B_a},$$

где ΔM_T – разность тормозных моментов по бортам автомобиля; K_a – колея автомобиля; B_a – база автомобиля.

Указанная боковая сила имеет такое направление, что вызываемый ей момент, поворачивающий автомобиль в плоскости дороги, сонаправлен с моментом излишней тормозной силы на борту, стремящимся также повернуть автомобиль в плоскости дороги.

Из анализа экспериментальных данных о разности тормозных моментов по бортам современных легковых автомобилей рассчитана величина боковой силы, вызванной этой разностью: $P_y / R_z \approx 2\%$. Результаты анализа величин боковых сил различной природы сведены в таблицу 2.

Табл. 2. Сравнительная характеристика средних величин боковых сил различной природы

Природа боковой силы	Отношение боковой силы к нормальной нагрузке P_y / R_z , %
Центробежная сила, действующая на автомобиль при повороте с расчетной скоростью на дорогах различных категорий с наименьшим радиусом кривых в плане	20
Центробежная сила, действующая на автомобиль при перестановках	80
Боковая составляющая силы веса от поперечного уклона дороги	2...4
Боковая сила, возникающая от неодинакового развала колеса	1,7
Боковая сила, возникающая от наклона плоскости вращения колеса при его повороте вокруг оси шкворня	2...2,5
Боковая сила, возникающая от неравномерности тормозных моментов по бортам	2

Из таблицы 2 можно сделать вывод о целесообразности учета при рассмотрении задач устойчивости, управляемости и тормозной динамики автомобиля только боковой центробежной силы, действующей на автомобиль при повороте: с расчетной скоростью на дорогах различных категорий с наименьшим радиусом кривых в плане; при перестановках автомобиля. Факторы боковых сил другой природы являются малозначимыми.

Список литературы

1. Балабин И.В. Автомобильные и тракторные колеса и шины / И.В. Балабин, В.А. Путин, И.С. Чабунин. – М.: МГТУ «МАМИ», 2012. – 920 с.
2. Балакина Е.В. К вопросу об определении коэффициента продольного скольжения колеса / Е.В. Балакина, Д.С. Сарбаев // Автомобильная промышленность. – 2018. – № 10. – С. 25-27.
3. Балакина Е.В. Коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием / Е.В. Балакина, А.В. Кочетков. – М.: Инновационное машиностроение, 2017. – 292 с.
4. Балакина Е.В. Устойчивость движения колесных машин / Е.В. Балакина, Н.М. Зотов. – Волгоград: РПК «Политехник», 2011. – 464 с.
5. Кнороз В.И. Работа автомобильной шины. – М.: Изд-во «Транспорт», 1976. – 283 с.
6. Сальников В.И. Расчетно-экспериментальные универсальные зависимости для определения радиальной жесткости шин / В.И. Сальников, А.А. Барашков, В.Н. Задворнов, Е.В. Балакина // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 7. – С. 13-14
7. Экспериментальные исследования радиальной жёсткости шины 4.10/3.50-5 / Е.В. Балакина, Д.С. Сарбаев, И.В. Сергиенко, М.С. Кочетов, А.Ш. Барасов, А.М. Гаврилов // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2019. – № 5. – С. 77-81.

References

1. Balabin I.V. Car and tractor wheels and tires / I.V. Balabin, V.A. Putin, I.S. Chabunin. – M.: MSTU «MAMI», 2012. – 920 p.
2. Balakina E.V. To the question of determining the coefficient of longitudinal sliding of the wheel / E.V. Balakina, D.S. Sarbaev // Automotive industry. – 2018. – № 10. – P. 25-27.
3. Balakina E.V. The coefficient of the tire adhesion with the road surface / E.V. Balakina, A.V. Kochetkov. – M.: Innovative engineering, 2017. – 292 p.
4. Balakina E.V. Movement stability of wheeled vehicles / E.V. Balakina, N.M. Zotov. – Volgograd: Polytechnic, 2011. – 464 p.
5. Knoroz V.I. Car tire operation. – M.: Publ. house «Transport». 1976. – 283 p.
6. Salnikov V.I. Calculated and experimental universal dependencies for determining the radial rigidity of tires / V.I. Salnikov, A.A. Barashkov, V.N. Zadvornov, E.V. Balakina // Automotive industry. – 2014. – №7. – P. 13-14.

7. Experimental researches of the tire radial rigidity 4.10/3.50-5 / E.V. Balakina, D.S. Sarbaev, I.V. Sergienko, M.S. Kochetov, A.Sh. Barasov, A.M. Gavrilov // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2019. – Issue 5. – P. 77-81.

Балакина Екатерина Викторовна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей», fahrgestell2011@yandex.ru	Balakina Ekaterina Viktorovna – Doctor of technical sciences, professor at the Department of technical operation and car repairs, fahrgestell2011@yandex.ru
Сарбаев Дмитрий Сергеевич – аспирант, sards93@gmail.com	Sarbaev Dmitriy Sergeevich – postgraduate, sards93@gmail.com
Сергиенко Иван Васильевич – аспирант, sergienko-1993@mail.ru	Sergienko Ivan Vasilyevich – postgraduate, sergienko-1993@mail.ru
Кочетов Михаил Сергеевич – аспирант	Kochetov Mikhail Sergeevich – postgraduate
Татаринцев Артем Евгеньевич – магистрант	Tatarintsev Artem Evgenevich – master
Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия	Volgograd state technical university, Volgograd, Russia

Received 13.09.2019