

Шаршембиев Ж. С., Калманбетова А.Ш.

**К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ БОКОВЫХ РЕАКЦИЙ ЗАТОРМОЖЕННОГО
КОЛЕСА НА ГОРНЫХ ДОРОГАХ**

J.S. Sharshembiev, A.Sh. Kalmanbetova

**TO STUDY THE SIDE REACTIONS OF THE BRAKED WHEELS ON THE MOUNTAIN
ROADS**

УДК: 629. 1. 036:625. 711. 812

В статье изложены причины возникновения боковой силы. Приведены величины боковой силы на колесе в долях от оптимальной вертикальной нагрузки на колесо для наиболее характерных случаев, а также зависимости боковой силы от тяговой и тормозной сил при различных углах установки колес.

In the article the reasons of occurrence of lateral forces. Provides a listing of the lateral force on the wheel in shares from optimal vertical load on the wheel for the most typical case, as well as the dependence of the side of the force of traction and braking forces at different corners of installation of wheels.

В последнее время возросла актуальность исследования работы колеса в тормозном режиме. Одним из самых малоизученных является вопрос влияния боковой силы на характеристики колеса применительно к тормозному режиму. Проведенный анализ ряда исследовательских работ показал, что в реальных условиях качения на колесо практически всегда действует боковая сила. По результатам этих работ составлена таблица 1, в которой перечислены наиболее характерные случаи возникновения боковой силы, а максимально возможная ее величина выражена в долях от оптимальной вертикальной нагрузки на колесо (G_k).

Детальные записи траекторий движения показали, что автомобили никогда не движутся прямолинейно [1]. Траектория движения колесной машины состоит из сопрягающихся криволинейных участков, и продольная ось колесной машины большую часть пути совершает под переменным углом к оси теоретического направления. Непосредственные замеры боковых ускорений на прямых участках дорог с современным покрытием позволили выявить, что на 60-70% от общей протяженности участка влияния боковой силы на характеристики колеса автомобили испытывают среднее центробежное применительно к тормозному режиму. Проведенный ускорение равным $0,11 \text{ м/с}^2$ [2].

Таблица 1

Причины возникновения и величины боковой силы на колесе в долях от оптимальной вертикальной нагрузки на колесо (C_k)

Причины возникновения и величины боковой силы на автомобильном колесе	Величина боковой силы в долях от G_k	Авторы
Рыскание на прямой дороге	0,23	Smith J.G.
	0,1	Бабков В.Ф.
Увод от углов установки колес	0,04-0,07	Литовченко Н.Н.
Нарушение геометрии ходовой части	0,12	Лившиц В.М.
Асимметричность шин	0,05	Nordeen D.L.
	0,1	Юрьев Ю.М.
Поворот, маневрирование	0,36	Бабков В.Ф.
	0,31	Nordeen D.L.
Экстренное торможение с маневрированием	0,38	Ensres W.
	0,44	Smith J.G.
Несбалансированность тормозных усилий по колесам	0,06-0,09	нормативы
	0,03	Климов Л.К.
Поперечный уклон дороги	0,015-0,025	по СНиП2д
Боковой ветер	0,18	WolterHeino

Появление боковой силы в данном случае связано с боковым уводом колес и проскальзыванием шин в зоне контакта с дорогой в результате действия возмущающих сил от неровностей дороги, люфтов в рулевом управлении и ходовой части, поворотов руля, биения колес и т. д. Как известно, стабилизация управляемых колес достигается установкой колес с определенными углами к вертикальной плоскости и плоскости движения. Эти углы определяют развал и схождение колес и могут составить у современных грузовых автомобилей соответственно 1° и 2° [2]. Установка колес производится в статике, а при движении увеличение скорости ведет к уменьшению положительных углов схождения и увеличению отрицательных. Таким образом, угол увода не остается постоянным. Это подтверждается проведенным исследованием [1] грузовых автомобилей при прямолинейном движении. Боковые силы от углов увода могут составить до 6% от G_k .

Нарушение проектной геометрии ходовой части колесных машин, такие как ошибки в геометрии рулевого управления или искривление оси; неправильная установка осей; не параллельность осей вследствие бокового прогиба рамы; перекося рамы - вызывают увод шин и боковую силу до 12% от G_k [3].

Боковые силы, вызванные асимметрией плечевых зон протектора и каркаса шин относительно средней плоскости, носят случайный характер по величине и направлению. Кроме того, они значительно усиливают имеющийся увод, вызванный другими причинами.

При движении на повороте колесная машина испытывает боковую силу, определяющуюся радиусом поворота и скоростью движения. Оба эти параметра регламентируются нормативными документами на проектирование дорог, которые из условий безопасности движения допускают боковые силы на сухих покрытиях $0,36G_k$, на мокрых $0,2G_k$, на обледенелых $0,12G_k$ [2]. Наибольшее распространение данный случай появления боковой силы имеет в горной местности, где повороты могут составлять до 50% протяженности трассы. В. В. Махалдиани [4] приводит статистические данные по распределению радиусов поворота в горной местности. На исследуемых трассах кривые малых радиусов до 30 м составили 15 %, кривые радиуса от 31 до 100 м - 65%.

Индивидуальная манера вождения в значительной мере определяет величину поперечных ускорений колесной машины, особенно на поворотах, в зонах, с интенсивным движением и в аварийных ситуациях. Разница максимальных боковых сил, действующих на колесную машину, управляемый «осторожным» и «быстрым» водителями, может достигать 60% на одном участке дороги. Это объясняется разной скоростью движения и разной интенсивностью поворотов. В связи с этим действительные центробежные ускорения на повороте могут превышать нормируемый на 12 - 15%, а иногда и на 30%. Исследования В. Ф. Бабкова и др. [5] показали, что фактические скорости движения автомобилей на кривых существенно выше теоретически допустимых. На кривых радиуса $R=100$ м при устройстве виража 60% теоретически допустимую скорость превышают около 80% легковых автомобилей и около 60% грузовых, при двускатном поперечном профиле - соответственно 60% легковых и 40% грузовых.

Согласно по данным зарубежного ученого D.L.Nordeen, можно составить шкалу возможных центробежных ускорений W_N и углов увода δ_y шин автомобиля для разных режимов движения в реальных условиях:

- а) при обычной езде W_N от 2 до 3 м/сек²; δ от 1° до 2°;
- б) при спортивной езде W_N около 4 м/сек², δ от 3° до 4°;
- в) при необычно быстрой езде W_N 5 м/сек², δ „ 4°- 6°.

Боковая сила в таком случае может иметь место в комплексе с тормозной, а в некоторых случаях и усиливаться последней. Например, в случае неравных тормозных усилий по бортам автомобиля или при резком торможении, вызывающем занос, когда тормозная и боковая силы превышают силы сцепления колес с дорогой.

Анализ проведенных работ показывает, что боковую силу могут обусловить три основные причины:

1. Неудовлетворительное техническое состояние колесной машины и шин (несбалансированность тормозных механизмов колесной машины, нарушение геометрии ходовой части, асимметричность шин).
2. Режим движения и манера вождения автомобиля - (быстрая езда с маневрами в зонах с интенсивным движением, обгон, повороты).
3. Внешние условия движения (боковой ветер, поперечный уклон дороги, нестабильные сцепные свойства дороги в поперечном сечении).

Многообразие причин, вызывающих боковую силу и одновременное влияние на ее величину целого ряда взаимосвязанных факторов, дает основание считать, что боковая сила практически всегда имеет место при качении колеса в реальных условиях. Ее величина для колеса может принимать весь диапазон возможных значений - от близких к нулю до предела по сцеплению в поперечном направлении, в зависимости от конкретных условий работы этого колеса.

В целом ряде работ по исследованию увода пневматических шин отмечается, что наибольшая способность колеса к созданию реакции действующим на ось боковым силам соответствует режиму движения колеса без передачи тяговой или тормозной силы. При этом предельная величина боковой реакции определяется значением силы сцепления, и боковое перемещение колеса практически полностью обуславливается деформированным уводом шины.

При передаче колесом тягового или тормозного усилия (T) величина возможной максимальной боковой реакции (Y_{max}) уменьшается. Я. М. Певзнер предлагает такое выражение:

$$Y_{max} = \sqrt{(\varphi G_k)^2 - T^2} \quad (1)$$

т.е. предельная боковая реакция определяется геометрической разностью реализованной силы сцепления и передаваемой колесом тяговой или тормозной силы.

На рис.1 приведены полученные на стенде Г. Крмпелем зависимости боковой силы в тяговом и тормозном режимах при различных углах установки колеса к направлению движения. Можно определить, что во всем диапазоне углов установки колеса максимальная геометрическая сумма боковой и тяговой или тормозной сил ограничивается силой сцепления.

Величина предельной боковой силы для данной шины при неизменном угле установки понижается по мере увеличения, как тяговой, так и тормозной силы, т. е. имеет место уменьшение коэффициента сопротивления уводу.

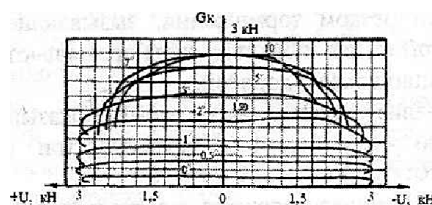


Рис. 1. Зависимости боковой силы от тяговой (+U) и тормозной (-U) сил при различных углах установки колеса с шиной 165R15 ($G_k=3\text{кН}$, $P_v=0,18\text{ МПа}$, $V=50\text{ км/час}$)

Таким образом, в зоне качения, когда скорость скольжения в контакте шины с опорной поверхностью не превышает величины, необходимой для реализации максимума адгезионной составляющей трения резины, изменение способности колеса к созданию реакции боковым силам в тормозном режиме может быть достигнуто соответствующим изменением подводимого к колесам тормозного момента. Кинематическое управление колесом осуществляется без его скольжения.

Список литературы:

- 1 Гредескул А.Б. Исследование динамики торможения автомобиля. Автореф. дисс. докт. техн. наук. Харьков, 1963. -42с.
- 2 Гуревич Л.В., Меламуд Р.А. Тормозное управление автомобиля. -М. Транспорт, 1978. -152с.
- 3 Шермухамедов А.А. Разработка научных основ моделирования рабочих процессов в гидравлических приводах грузовых мобильных машин, эксплуатируемые в экстремальных условиях. Дис. ..док. тех. наук., Ташкент, 2000, -265с.
- 4 Двали Р.Р., Махалдини В.В. Механическая тяга в горной местности. М.: Наука.-1983.296с.
- 5 Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. Третье издание, перераб. и доп. М., Транспорт, 1982. -288 с.

Рецензент: д.т.н., профессор Маткеримов Т.Ы.