

УДК 629.3.027.5-027.45

С. И. Медведицков¹, С. А. Глебов¹, А. А. Дзёма²

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА БОКОВОГО СЦЕПЛЕНИЯ
ОТ НОРМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ
ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА ЛЕГКОВЫХ ШИН В СТЕНДОВЫХ УСЛОВИЯХ**

¹Бобруйский филиал УО Белорусского государственного экономического университета.

²Белорусский национальный технический университет.

(Medsim@rambler.ru¹, oit@bfbgeu.by¹, dzema_bobr@mail.ru²)

Проведенные авторами данной работы исследования, позволили получить зависимость коэффициента бокового сцепления легковых шин от различных вариантов нагрузки и давления воздуха в шине на сухой поверхности барабана в стендовых условиях. Результаты этих исследований рекомендуется учитывать, при теоретических расчетах и использовать в практической деятельности конструкторов – разработчиков автомобилей. Исследования проводились на универсальном стенде оригинальной конструкции с внутренней поверхностью качения барабана модели 3327 ООО НТЦ «НИИШП». Внутренняя поверхность барабана покрыта слоем бетона. Малая кривизна беговой дорожки барабана позволяет проводить испытания приближенными к условиям реальной эксплуатации. Испытаниям подверглись легковые шины размерности 175/70R13 моделей Energy XM2 с металлокордным брекером фирмы «Michelin» и Бел – 100 ОАО «Белшина». Полученные зависимости коэффициента бокового сцепления при различных величинах внутреннего давления воздуха в шине и нагрузки на колесо сравниваемых шин с сухой поверхностью барабана достигают значительных величин: при номинальных режимах 0,7...0,87, но с увеличением нагрузки уменьшаются. Влияние изменения внутреннего давления в шине при нагрузке на колесо равной 4,75 кН составляет от 0,7 до 0,832.

Ключевые слова: шина, стендовые испытания, коэффициент бокового сцепления, нагрузка на колесо, внутреннее давление.

Carried out by the authors of this work research have allowed to receive the dependence of the lateral grip of car tires from different load cases and tire pressure on a dry surface of the drum in wheel test. The results of these researches are recommended to take into account in theoretical calculations and use in the practice of designers - developers of cars. Investigations were performed on a universal stand with the original design of the inner surface of the rolling drum pattern 3327 STC "NIISHP". The inner surface of the drum is covered with a layer of concrete. Small curvature of the treadmill drum allows testing approached to the real conditions of use. Car tires of dimension 175/70R13 model Energy XM2 with metal cord breaker company «Michelin» and Bel-100 JSC "Belshina" have been tests. Obtained dependence of the lateral grip at various inner pressure in the tire and the load on the wheel compared with a dry surface of the drum reaches a considerable value: the nominal modes 0.7...0.87, but decreases with increasing load. Influence of a change inner pressure of a tire on the load on the wheel 4.75 kN is from 0.7 to 0.832.

Keywords: tire, wheel test, the coefficient of lateral grip, the load on the wheel, inner pressure.

Взаимодействию шины в пятне контакта с дорожной поверхностью посвящено достаточно много работ. Сцепные качества шин с дорогой влияют на такие важные характеристики автомобиля как: устойчивость и управляемость; тяговые, тормозные и соответственно безопасность движения. Первые исследования в СССР, посвященные изучению сцепления шин с дорогой, в лабораторных условиях, приведены в работе [1]. В этой же работе дано определение коэффициента бокового сцепления как отношение боковой силы сцепления к нормальной нагрузке. Аналогичное определение коэффициента сцепления дано в другой работе [3] изменив несколько формулировку. Для определения коэффициента сцепления в дорожных условиях в ГОСТе 30413–96 [2] отмечено следующее: коэффициент сцепления (продольного) – отношение максимального касательного усилия, действующего вдоль дороги на площади контакта заблокированного колеса с дорожным покрытием, к нормальной реакции в площади контакта колеса с покрытием. Авторы работы [1] проводили исследования на стенде, где шина с дорожной поверхностью находилась в стационарном положении. В работе [4] измерения контактных напряжений при качении шины по плоской твердой опорной поверхности производились на специальном стенде ИДШ – 1. Влияние состояния дорожной поверхности на боковую силу, действующую на шину с гладким протектором, отмечено в работе [5]. В связи с особенностью деформации шин в пятне контакта с дорогой под действием передаваемых сил и моментов, сцепные качества их различны. Проведенные авторами данной работы исследования, позволили получить зависимость коэффициента бокового сцепления легковых шин от различных вариантов нагрузки и давления воздуха в шине, которые рекомендуется учитывать, при теоретических расчетах и использовать в практической деятельности конструкторов – разработчиков автомобилей.

Для получения вышеуказанной зависимости, были проведены испытания легковых шин размерности 175/70R13 различных моделей.

С этой целью была отобрана партия новых шин 175/70R13 модели Бел-100 с металлокордным брекером производства ОАО «Белшина» в количестве 3 штук. Разброс шин в партии по показателям силовой неоднородности, геометрическим параметрам и статическим характеристикам не превышал более 1 %. В качестве эталона для сравнения с упомянутыми выше шинами были использованы шины такой же размерности 175/70R13 модели Energy XM2 с металлокордным брекером фирмы «Michelin». Различие шин фирмы «Michelin» и ОАО «Белшина» заключалось в применяемых материалах металлокорда, химического состава резиновой смеси и рисунка протектора. Подготовка шин к испытаниям осуществлялась в соответствии с ГОСТ 27704–88 «Шины пневматические. Правила подготовки шин для проведения стендовых испытаний» и включала: выдержку шин перед испытаниями, монтаж на испытательный обод, стабилизирующую обкатку.

Исследования проводились на универсальном стенде оригинальной конструкции с внутренней поверхностью качения барабана модели 3327 ООО НТЦ «НИИШП». Внутренняя поверхность барабана покрыта слоем бетона. Малая кривизна беговой дорожки барабана (диаметр барабана приблизительно 4000 мм) позволяет проводить испытания приближенными к условиям реальной эксплуатации.

Предварительно обкатанная шина пробегом 100 км устанавливалась на стенд, после чего при воздействии на нее нормальной нагрузки и соответствующего ей внутреннего давления воздуха при скорости качения – 40 км/ч шина обкатывалась по испытательному барабану и прямолинейном качении в течение 2-х часов.

После разогрева шины корректировалось внутреннее давление воздуха в ней, и определялись зависимости коэффициента бокового сцепления в пятне контакта с дорожной поверхностью при

следующих основных режимах испытаний: радиальная нагрузка для шин составляла – 2,3,4,5,6 кН при внутреннем давлении воздуха – 0,166 МПа, 0,196 МПа и 0,225 МПа, скорость качения – 40 км/ч, угол увода составлял $\pm 5^\circ$ при повороте колеса вправо и влево. При каждом значении нагрузки и различных вариантах внутреннего давления, испытания повторялись 3 раза.

Пределы допустимых погрешностей измерений составляли:

- предел допускаемого значения относительной погрешности измерения линейной скорости вращения поверхности бегового барабана от заданного в диапазоне от 10 км/ч до 250 км/ч не более $\pm 1,0\%$, значения абсолютной погрешности составляют $\pm 0,5$ км/ч ;
- предел допускаемого значения относительной погрешности измерения радиальной нагрузки в диапазоне от 2 кН до 50 кН равен $\pm 2,0\%$;
- предел допускаемого значения относительной погрешности измерения боковой силы в диапазоне от 1 кН до 10 кН равен $\pm 2,0\%$;
- предел допускаемого значения относительной погрешности измерения пути пройденного шиной в диапазоне от 1 км до 99999,9 км не более $\pm 0,5\%$;
- предел допускаемого значения абсолютной погрешности измерения угла схода в диапазоне $\pm 5^\circ$ не более $\pm 15'$;
- предел допускаемого значения абсолютной погрешности измерения температуры окружающего воздуха в диапазоне от -5°C до $+50^\circ\text{C}$ не более $\pm 1^\circ\text{C}$;
- приведенная погрешность измерения давления воздуха в шине в диапазоне от 0,01 МПа до 0,60 МПа не более $\pm 1,0\%$, в абсолютном выражении не более $\pm 0,01$ МПа.

По результатам исследований были построены зависимости коэффициента бокового сцепления (ϕ) при различных величинах нагрузки на колесо (Q) и внутреннего давления воздуха (P_W) в шине в пятне контакта с поверхностью сухого барабана, для легковых шин размера 175/70R13 моделей Бел – 100 производства ОАО «Белшина» и Energy XM2 производства фирмы «Michelin», которые представлены на рис. 1, 2.

Анализ абсолютных значений полученных зависимостей вышеуказанных параметров в пятне контакта шин с поверхностью сухого барабана свидетельствует о том, что характер протекания кривых идентичен, т. е. по мере увеличения нагрузки коэффициент бокового сцепления уменьшается. Такое явление объясняется тем, что по мере увеличения нагрузки на колесо в шине изменяется окружная деформация элементов рисунка протектора, которая влияет на величины сил трения и проскальзывания. Отличие составляет по абсолютным значениям величин коэффициента бокового сцепления при различных величинах нагрузки на колесо. Так при внутреннем давлении воздуха в шинах равном 0,196 МПа эта разница для шин мод. Бел-100 составляет 1,5 %, а для мод. Energy XM2 соответственно 20,2 %.

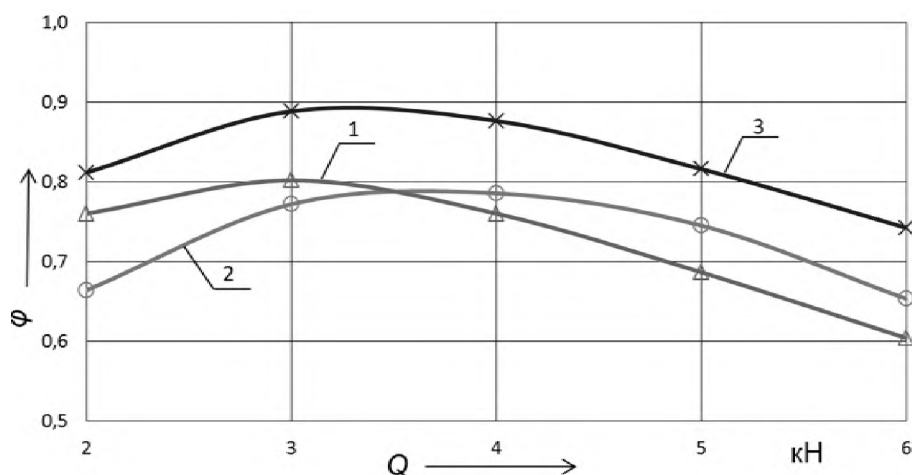


Рис. 1. Зависимость коэффициента бокового сцепления с сухим барабаном шины 175/70R13 мод. Бел-100 (ОАО «Белшина») от нормальной нагрузки на колесо при различных начальных давлениях P_W воздуха в шине: 1 – при $P_W = 0,166$ МПа; 2 – при $P_W = 0,196$ МПа; 3 – при $P_W = 0,225$ МПа

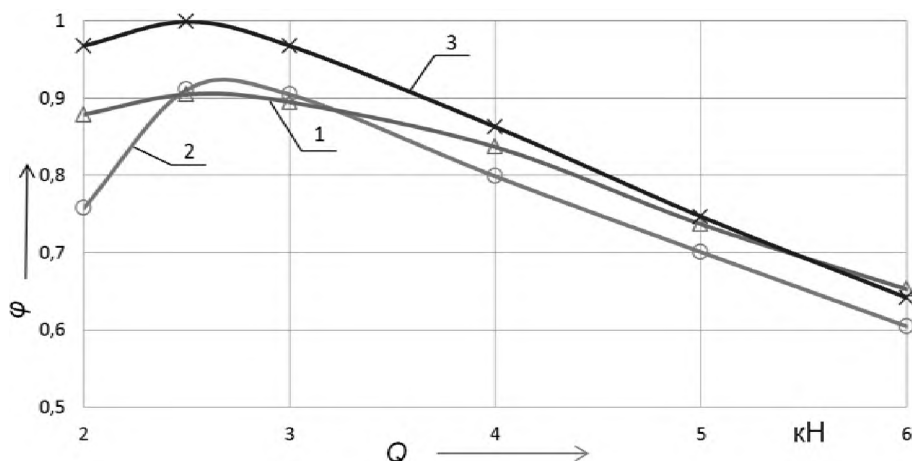


Рис. 2. Зависимость коэффициента бокового сцепления с сухим барабаном шины 175/70R13 мод. Energy XM2 (фирмы «Michelin») от нормальной нагрузки на колесо при различных начальных давлениях $P_{н}$ воздуха в шине: 1 – при $P_{н} = 0,166$ МПа; 2 – при $P_{н} = 0,196$ МПа; 3 – при $P_{н} = 0,225$ МПа

Из анализа рис. 1,2 при нагрузке на колесо, равной 4,75 кН, можно отметить, что повышение внутреннего давления воздуха в шине, ведет к улучшению коэффициента бокового сцепления. Эта разница при давлении воздуха в шине 0,225 МПа по сравнению с первоначальным равном при 0,166 МПа составляет для шин модели Бел -100 ОАО «Белшина» 11,2 % и для шин модели Energy XM2 фирмы «Michelin» 14,3 %. Среднее значение коэффициента бокового сцепления от внутреннего давления воздуха в шине при этой же нагрузке вышеуказанных моделей шин отличается незначительно и составляет 2,2 %.

В заключение следует отметить, что полученные зависимости коэффициента бокового сцепления при различных величинах внутреннего давления воздуха в шине и нагрузки на колесо сравниваемых шин с сухой поверхностью барабана достигают значительных величин: при номинальных режимах 0,7–0,87, но с увеличением нагрузки уменьшаются. Влияние изменения внутреннего давления в шине при нагрузке на колесо равной 4,75 кН составляет от 0,7 до 0,832.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобильные шины (конструкция, расчет, испытание, эксплуатация) / В. Л. Бидерман [и др.]; под общ. ред. В. Л. Бидермана. – М.: Госхимиздат, 1963. – 384 с.
2. Дороги автомобильные. Метод определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием: ГОСТ 30413–96. Введ. 01.07.1997. – М.: Союздор НИИ РФ, 1996. – 5 с.
3. Кнороз, В. И. Работа автомобильной шины / В. И. Кнороз. – М.: Транспорт, 1976. – 338 с.
4. Третьяков, О. Б. Трение и износ шин / О. Б. Третьяков, В. А. Гудков, В. Н. Тарновский. – М.: Химия, 1992. – 176 с.
5. Эллис, Д. Р. Управляемость автомобиля / Д. Р. Эллис. – М.: Машиностроение, 1975. – 215 с.

REFERENCES

1. V. L. Biderman. Car tires (design, calculation, testing, maintenance) Moscow: Goshimizdat, 1963, – 384 pp.
2. Automobile roads. Method for determining the coefficient of adhesion between vehicle wheel and road pavement: GOST 30413-96. Introduced 01.07.1997 – Moscow: Soyuzdor RI of Russian Federation, 1996. – 5 pp.
3. V. I. Knoroz. Work of a car tire. – Moscow: Transport, 1976. – 338 pp.
4. O. B. Tretyakov, V. A. Gudkov, V. N. Tarnovskiy Friction and deterioration of tires. – Moscow: Chemistry, 1992. – 176 pp.
5. D. R. Ellis. Controllability of the car. – Moscow: Engineering, 1975. – 215 pp.