УДК 629.083

© Н. В. Хольшев, канд. техн. наук

© А. А. Лавренченко, канд. техн. наук

© Д. Н. Коновалов, старший преподаватель

© П. С. Минаев, магистрант

(Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия)

E-mail: xhb@live.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-3-191-196

© N. V. Holshev, PhD. in Sci. Tech.

© A. A. Lavrenchenko, PhD. in Sci. Tech.

© D. N. Konovalov, senior lecturer

© P. S. Minayev, undergraduate

(Tambov State Technical University, Tambov, Russia)

E-mail: xhb@live.ru

ОБОСНОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКРЫТЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ШИН АВТОМОБИЛЕЙ

SUBSTANTIATION OF THE DIAGNOSTIC PARAMETER FOR DETERMINING LATENT DAMAGE TO CAR TYRES

Приводится обоснование возможности диагностирования скрытых повреждений автомобильных шин путем сравнения среднего значения статической жесткости шины в различных ее точках. Оценка степени неравномерности статической жесткости шины по ее окружности осуществлялась по величине пятна контакта шины с опорной поверхностью. Для приближенного определения площади пятна контакта шины с опорной поверхностью предложена оригинальная методика. Приведены результаты определения площади пятна контакта шины в различных ее точках при нескольких значениях давления воздуха в шине.

Ключевые слова: автомобильная шина, скрытые повреждения шин, пятно контакта шины, статическая жесткость шины.

The article provides substantiation for the possibility of diagnosing latent damage to car tyres by comparing the average value of the static tyre rate at different points. The degree of uneven static stiffness of the tyre along its circumference was estimated by the size of the tyre contact spot with the support surface. An original method for approximate determination of the tyre spot area contacting with the supporting surface is proposed. The results of determining the area of the tyre contact spot at various points with several values of air pressure in the tyre are presented.

Keywords: car tyre, latent tyre damage, tyre contact spot, static tyre rate.

Техническое состояние автомобильного транспортного средства напрямую влияет на безопасность движения. По данным ГИБДД МВД России, за 2018 год в стране произошло 168 099 дорожно-транспортных происшествий. Из них эксплуатация технически неисправных транспортных средств стала причиной 6221 происшествий (3,7 %) [1]. И прежде всего это касается неисправностей элементов и систем автомобиля, отвечающих за безопасность движения. К таким элементам можно отнести и автомобильную шину. Если внешние повреждения шины легко определяются при визуальном осмотре, то внутренние повреждения сложно диагностировать [2]. Повреждения шин, не выявленные при тех-

ническом осмотре, могут привести к серьезным дорожно-транспортным происшествиям [3].

При эксплуатации автомобильных шин диагностирование скрытых повреждений производят редко [4], так как существующие на данный момент методы трудоемки [5] и предусматривают применение дорогостоящего оборудования [6]. На некоторых стендах техническое состояние шины оценивают при помощи рентгеновской томографии шины, например, система модульного контроля автомобильной шины MTIS YXLON фирмы «YXLON International». Еще один из способов диагностирования скрытых дефектов — определение динамических характеристик шины на специализированном стенде [7]. Данные методы используют, чаще всего, при нали-

чий подозрений на наличие повреждения, что не всегда обеспечивает своевременный ремонт или замену шины и может привести к дорожно-транспортным происшествиям.

Статическая жесткость автомобильной шины — это, как считают Третьяков О. Б. и соавт., «отношение изменения радиальной силы на колесе к соответствующему изменению прогиба шины» [8]. Фактическое значение статической жесткости шины зависит от конструктивных и эксплуатационных параметров и является индивидуальным для конкретного экземпляра. Причем даже в разных точках одной шины, расположенных в одной плоскости на поверхности беговой дорожки шины и равноудаленных от оси вращения, значения жесткости будут варьироваться в некоторых границах. Повреждения шины — явные или не явные — приводят к ухудшению упругих свойств шины, вызывая снижение величины статической жесткости. Следовательно, в данной точке шины величина статической жесткости будет значительно отличаться от ее значения в других точках шины. Знать фактическое значение статической жесткости в различных точках шины не обязательно — достаточно определить величину прогиба шины в разных ее точках и выявить места шины с наибольшим прогибом, указывающим на возможное наличие в данном месте повреждения.

Схожий принцип, но с противоположной целью — найти наиболее «жесткое» место в шине — используется в стенде виброконтроля «Hunter Road Force Elite» (RFE) [9]. Конструктивно данный способ осуществлен прижатием с определенным усилием к поверхности вращающейся шины нагрузочного ролика, который через специальные датчики передает информацию о силе сопротивления шины сжатию в конкретном месте к вычислительному блоку, который автоматически обрабатывает поступающие данные и определяет самое «жесткое» место шины [9]. Найденное «жесткое» место совмещается с самым «низким» местом диска, обеспечивая снижение вибрации автомобиля при движении.

Для оценки возможности применения статической жесткости шины в качестве диагностического параметра на начальном этапе исследования было решено косвенно оценить величину разброса жесткости шины через площадь пятна

контакта шины с опорной поверхностью при разных значениях давления в шине: чем «жестче» шина в конкретной точке, тем меньше пятно контакта и наоборот.

Площадь пятна контакта автомобильной шины с опорной поверхностью можно определить при помощи способов, различающихся применяемым оборудованием, точностью результатов и трудоемкостью осуществления [6, 7, 10–13]. В результате выполненного анализа существующих способов определения пятна контакта автомобильной шины с опорной поверхностью было установлено, что все они требуют либо больших временных затрат, либо необходимо сложное и дорогостоящее оборудование [14]. Поэтому для проведения поисковых экспериментов было решено определять площадь пятна контакта путем отпечатывания его на чертежной бумаге через копировальную бумагу (рис. 1) с последующей обработкой полученных изображений в программе «Photoshop» и «Компас 3D V16» [15].

При исследованиях площадь пятна контакта определяли на колесе с шиной марки «Hankook Optimo k415» (185/65 R15 88H) 2015 года выпуска, установленном на автомобиле марки «KIA Rio» (рис. 1). Отпечатки получали с трехкратной повторностью в шести точках колеса при пяти значениях давления воздуха в шине: 0,5; 1; 1,5; 2 МПа и при рекомендуемом производителем давлении в шине 2,2 МПа. Измерения при разных давлениях воздуха в шине проводили для выявления влияния на величину разброса значений площади пятна контакта от среднего в зависимости от

Рис. 1. К определению площади пятна контакта автомобильной шины с опорной поверхностью

давления в шине. На колесе через 60 градусов наносили мелом метки и нумеровали их. Затем накачивали колеса до одного из давлений и при помощи домкрата автомобиль приподнимали до свободного проворачивания колеса, далее под него подкладывали листы чертежной (формата А3) и копировальной бумаги (формата А4). Затем автомобиль медленно опускали до полного нагружения колеса и снова приподнимали для замены листа бумаги и поворота колеса к другой точке. На каждом листе ставили пометку с указанием давления и номера точки.

После выполнения всех замеров на листах проводили линии длиной 0,2 м и сканировали листы. Как видно из рис. 2, четкость полученного пятна контакта невысокая.

Для повышения контрастности изображения выполняли его обработку в программе «Adobe Photoshop CS6»: перевод изображения в режим «градации серого»; автокорректировка контраста; инверсия цветов; заливка белым цветом. Результат после обработки представлен на рис. 3. Полученное изображение более контурное и позволяет оценить форму пятна и его площадь.

Обработав изображения, их перемещали в программу «КОМПАС-3D V16», где производили приведение высоты всех изображений

к реальному масштабу. Затем обводили пятна контакта шины с допущением, что боковые стороны прямолинейны, а верх и низ имеют форму параболы [11]. Далее определяли площадь пятна контакта встроенными средствами программы. Полученное значение площади корректировали поперечным масштабным коэффициентом, получаемым делением реальной ширины канавки на протекторе шины на ширину канавки, измеренную в программе.

После обработки всех изображений полученные значения площадей были усреднены при каждом давлении и в каждой точке. Для обработки данных использовали программу «Microsoft Excel 2003». Результаты экспериментального определения площади пятна контакта автомобильной шины с опорной поверхностью в графической форме приведены на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что с ростом давления в шине площадь пятна ее контакта с опорной поверхностью уменьшается, снижается величина разбро-

Рис. 2. Отпечаток пятна контакта шины с опорной поверхностью до обработки

Рис. 3. Отпечаток пятна контакта шины с опорной поверхностью после обработки в «Adobe Photoshop CS6» (давление воздуха в шине 5 МПа)

са значений относительно средней величины. Полученные средние значения с высокой точностью описываются экспоненциальной зависимостью в исследуемых пределах. Наибольшее отклонение среднего значения пятна контакта при всех значениях давления воздуха в шине составило 6,2 % при 1,5 МПа, а при номинальном давлении в шине (2,2 МПа) — 5,0 %. Такое отклонение вполне допустимо для наших поисковых экспериментов по нахождению значения отклонения площади пятна контакта шины с опорной поверхностью в разных ее точках.

Предложенная методика позволяет с достаточной точностью определять площадь пятна контакта автомобильной шины с опорной поверхностью в различных точках шины, но трудоемка, требует определенных условий для выполнения и программного обеспечения для обработки данных. Достаточная точность во многом обеспечивается применением современного

программного обеспечения. Анализ результатов показывает, что они не противоречат аналогичным исследованиям — площадь пятна уменьшается с увеличением внутреннего давления, причем нелинейно. Установлено, что площадь пятна контакта автомобильной шины с опорной поверхностью в разных точках шины при номинальном давлении отличается максимум на 5 %, а значит, и величина деформации шины в разных ее точках также будет предположительно варьироваться в этих пределах. Большее отклонение может говорить о повреждении шины в данной точке. Результаты исследований подтверждают возможность применения величины статической жесткости в качестве диагностического параметра для выявления повреждений автомобильных шин. Окончательное заключение о верности сделанного предположения можно получить, выполнив дополнительные исследования.

Рис. 4. Влияние внутреннего давления в шине на площадь пятна контакта с опорной поверхностью

Библиографический список

1. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 12 месяцев 2018 года. Информационно-аналитический обзор. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2018. 18 с.
2. Дорошин Д. В., Хольшев Н. В. Обзор основных причин отказа автомобильных шин в процессе эксплуатации // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт: материалы 6-й Междунар. науч.-практ. конф. Института архитектуры, строительства и транспорта. Тамбов: Изд-во Першина Р. В., 2019. С. 434–437.
3. Авдонькин Ф. Н., Гребенников А. С., Каракозов В. Н. Техническая эксплуатация автомобильных шин. Саратов: СГТУ, 1995. 92 с.
4. Дамзен В. А. Повышение безопасности и ресурса автомобильных шин: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. Саратов, 2009. 153 с.
5. Бидерман В. Л., Гуслицер Р. Л., Захаров С. П., Цукерберг С. М. Автомобильные шины. М.: Госхимиздат, 1963. 338 с.
6. Скрипкарь В. Г., Криволап В. В., Яценко А. Г., Крахин С. В. Стенд для определения пятна контакта шин с опорной поверхностью // Автомобиль и электроника. Современные технологии. 2013. № 2(5). С. 108–110.
7. А. с. 1749753 СССР, МКИ G 01 М 17/02. Стенд для испытания колес с эластичными шинами / И. М. Рябов, В. А. Гудков, В. Н. Тарновский [и др.]. 4852044/11; заявл. 18.07.90; опубл. 23.07.92, Бюл. № 27. 4 с.
8. Третьяков О. Б., Гудков В. А., Вольнов А. А., Тарновский В. Н. Автомобильные шины. Конструкция, механика, свойства, эксплуатация. М.: КолосС: Химия, 2007. 432 с.
9. Стенд виброконтроля «Hunter Road Force Elite» (RFE). URL: <http://www.hunter-service.ru/equipment/balancers/rfe> (дата обращения: 26.01.2020).
10. А. с. 1677569 А1 СССР, МПК G 01 М 17/02. Способ определения площади контакта пневматической шины с опорной поверхностью / В. В. Смирский, А. И. Бобровник, А. Т. Скойбеда, А. Н. Никончук, В. И. Шпилевский (СССР). — 4692105/11; заявл. 15.05.89; опубл. 15.09.91, Бюл. № 34. 3 с.
11. Богомолов В. А. Расчетное распределение давлений в пятне контакта шины с поверхностью дорожной одежды // Вестник ХНАДУ. 2016. № 72. С. 143–150.
12. Пат. 2133459 Российская Федерация, МКИ G 01 М 17/02, 17/04. Стенд для испытания пневматических шин и упругих элементов транспортных средств / Рябов И. М., Новиков В. В., Чернышов К. В. [и др.]; заявитель и патентообладатель Волгоград, гос. техн. ун-т. № 98102727/28; заявл. 16.02.98; опубл. 20.07.99. 8 с.
13. Система для измерения распределения давления в пятне контакта шины TireScan™. URL: <http://pribory-si.ru/catalog/0507-01/6821/> (дата обращения: 26.01.2020).

pribory-si.ru/catalog/0507-01/6821/ (дата обращения: 26.01.2020).

14. Дорошин Д. В., Хольшев Н. В. Краткий обзор и анализ способов определения площади пятна контакта автомобильной шины // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт: материалы 6-й Междунар. науч.-практ. конф. Института архитектуры, строительства и транспорта. Тамбов: Изд-во Першина Р. В., 2019. С. 431–433.

15. Дорошин Д. В., Хольшев Н. В. Методика и результаты определения площади пятна контакта автомобильной шины с опорной поверхностью // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Минск: БГАТУ, 2019. С. 363–368.

References

1. *Dorozhno-transportnaya avariynost' v Rossiyskoy Federatsii za 12 mesyatsev 2018 goda. Informatsionno-analiticheskiy obzor* [Road traffic accidents in the Russian Federation for 12 months of 2018. Information and analytical review]. Moscow, FKV «NTs BDD MVD Rossii» Publ., 2018, 18 p.
2. Doroshin D. V., Khol'shev N. V. *Obzor osnovnykh prichin otказа avtomobil'nykh shin v protsesse ekspluatatsii* [Overview of the main causes of failure of automobile tyres in the process of operation]. *Trudy 6-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Ustoychivoe razvitie regiona: arkhitektura, stroitel'stvo, transport»*, Institut arkhitektury, stroitel'stva i transporta [Proc. of the 6-th Int. scientific-practical conf. "Sustainable development of the region: architecture, construction, transport", Institute of architecture, construction and transport]. Tambov, Izd-vo Pershina R. V. Publ., 2019, pp. 434–437.
3. Avdon'kin F. N., Grebennikov A. S., Karakozov V. N. *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobil'nykh shin* [Technical operation of automobile tyres]. Saratov, SGTU Publ., 1995, 92 p.
4. Damzen V. A. *Povyshenie bezopasnosti i resursa avtomobil'nykh shin. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk* [Improving the safety and resource of automobile tyres. Author's thesis of PhD in Sci. Tech. diss.]. Saratov, 2009, 153 p.
5. Biderman V. L., Guslitser R. L., Zakharov S. P., Tsukerberg S. M. *Avtomobil'nye shiny* [Automobile tyres]. Moscow, Goskhimizdat Publ., 1963, 338 p.
6. Skripkar' V. G., Krivolap V. V., Yatsenko A. G., Krakhin S. V. *Stend dlya opredeleniya pyatna kontakta shin s opornoj poverkhnost'yu* [Stand for determining the tyre contact spot with the support surface]. *Avtomobil' i elektronika. Sovremennye tekhnologii – Automobile and electronics. Modern technology*, 2013, no. 2(5), pp. 108–110.

7. Ryabov I. M., et al. *Stend dlya ispytaniya koles s elastichnymi shinami* [Stand for testing wheels with elastic tyres]. A. S. 1749753 USSR, MKI G 01 M 17/02. 4852044/11; publ. 23.07.92, Bulletin no. 27.
8. Tret'yakov O. B., Gudkov V. A., Vol'nov A. A., Tarnovskiy V. N. *Avtomobil'nye shiny. Konstruktsiya, mekhanika, svoystva, ekspluatatsiya* [Automobile tyres. Construction, mechanics, properties, operation]. Moscow, KolosS Publ., 2007, 432 p.
9. *Stend vibrokontrolya «Hunter Road Force Elite» (RFE)* [Vibration control stand "Hunter Road Force Elite" (RFE)]. Available at: <http://www.hunter-service.ru/equipment/balancers/rfe> (accessed: 26.01.2020).
10. Smil'skiy V. V., et al. *Sposob opredeleniya ploshchadi kontakta pnevmaticheskoy shiny s opornoy poverkhnost'yu* [Method for determining the contact area of a pneumatic tyre with a support surface]. 4692105/11; declared 15.05.89; publ. 15.09.91, Bulletin no. 34.
11. Bogomolov V. A. *Raschetnoe raspredelenie davleniy v pyatne kontakta shiny s poverkhnost'yu dorozhnoy odezhdy* [Calculated distribution of pressure in the tyre spot contacting with the pavement surface]. *Vestnik KhNADU – Bulletin of KhNADU*, 2016, no. 72, pp. 143–150.
12. Ryabov I. M., et al. *Stend dlya ispytaniya pnevmaticheskikh shin i uprugikh elementov transportnykh sredstv* [Stand for testing pneumatic tyres and elastic elements of vehicles]. Patent RF, no. 2133459, 1999.
13. *Sistema dlya izmereniya raspredeleniya davleniya v pyatne kontakta shiny TireScan™* [System for measuring the pressure distribution in the tyre contact spot TireScan™]. Available at: <http://pribory-si.ru/catalog/0507-01/6821/> (accessed: 26.01.2020).
14. Doroshin D. V., Khol'shev N. V. *Kratkiy obzor i analiz sposobov opredeleniya ploshchadi pyatna kontakta avtomobil'noy shiny* [Brief review and analysis of methods of determining the area of the car tyre contact spot]. *Trudy 6-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Ustoychivoe razvitie regiona: arkhitektura, stroitel'stvo, transport», Institut arkhitektury, stroitel'stva i transporta* [Proc. of the 6-th Int. scientific-practical conf. "Sustainable development of the region: architecture, construction, transport", Institute of architecture, construction and transport]. Tambov, Izd-vo Pershina R. V. Publ., 2019, pp. 431–433.
15. Doroshin D. V., Khol'shev N. V. *Metodika i rezul'taty opredeleniya ploshchadi pyatna kontakta avtomobil'noy shiny s opornoy poverkhnost'yu* [Methodology and results of determination of the area of the tyre contact spot with the supporting surface]. *Trudy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Sovremennyye problemy osvoeniya novoy tekhniki, tekhnologiy, organizatsii tekhnicheskogo servisa v APK»* [Proc. of the int. sci.-pract. conf. "Modern problems of development of new equipment, technologies, organization of technical service in the agro-industrial complex"]. Minsk, BGATU Publ., 2019, pp. 363–368.