Научная статья
УДК 629.083
DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-6-734-745

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ШИН АВТОМОБИЛЕЙ

Н.В. Хольшев[1], Д.Н. Коновалов[1], А.В. Прохоров[1], П.С. Минаев[2]
[1]Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия
[2]Автосалон ŠKODA ООО «Авторитет», г. Тамбов, Россия
xhb@live.ru https://orcid.org/ 0000-0002-8468-6593,
kdn1979dom@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-9366-8661,
prohorov.av@mail.tstu.ru https://orcid.org/0000-0002-0635-6193,
minaevpavel25@gmail.com https://orcid.org/0000-0003-3500-6800

АННОТАЦИЯ

Введение. *Автомобильное транспортное средство состоит из большого количества деталей, по-разному влияющих на безопасность движения. К элементам, критически влияющим на безопасность транспортного средства, относятся автомобильные пневматические шины. Их техническое состояние в настоящее время оценивается визуально, без применения специального оборудования. Такой способ диагностики не обеспечивает выявления скрытых повреждений шин. В данной статье приводится описание предлагаемого способа диагностирования пневматических шин легковых автомобилей, а также схема стенда для его реализации.*

Материалы и методы. *На основании предыдущих исследований было предложено использовать статическую жесткость автомобильных шин в качестве диагностического параметра при оценке их технического состояния. Для реализации использования данного диагностического параметра был предложен новый метод оценки технического состояния шин. Он заключается в определении и сравнении значений статической жесткости шины в различных ее точках с усредненным значением жесткости во всех точках измерения. Для реализации данного метода в лабораторных условиях была предложена принципиальная схема стенда.*

Результаты. *В соответствии с предложенной схемой стенда была разработана объемная модель стенда для реализации предлагаемого метода в лабораторных условиях, а также изготовлена рама стенда и подобраны основные его элементы. В качестве преобразователя вращательных движений ручки потенциометра в электронный сигнал было решено использовать аналого-цифровой преобразователь Arduino Uno R3. Также была осуществлена разработка программного обеспечения для автоматизации считывания и обработки результатов диагностирования шин.*

Обсуждение и заключение. *Предложенный метод диагностирования шин и стенд, его реализующий, могут повысить оперативность и простоту оценки технического состояния пневматических шин легковых автомобилей. Для оценки эффективности предложенных решений необходимы дальнейшие исследования.*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *автомобильная пневматическая шина, диагностирование шин, скрытые повреждения шин, статическая жесткость шины*

Статья поступила в редакцию 31.10.2021; одобрена после рецензирования 05.12.2021; принята к публикации 14.12.2021.
Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.
Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Хольшев Н.В., Коновалов Д.Н., Прохоров А.В., Минаев П.С. Лабораторный стенд для диагностирования шин автомобилей // Вестник СибАДИ. 2021. Т.18, № 6(82). С. 734-745. https://doi.org/10.26518/2071-7296- 2021-18-6-734-745

© Хольшев Н.В., Коновалов Д.Н., Прохоров А.В., Минаев П.С., 2021

Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-6-734-745

LABORATORY STAND FOR CAR TIRE DIAGNOSTICS

Nikolay V. Holshev[1], Pavel S. Minaev[2], Dmitry N. Konovalov[3], Alexey V. Prokhorov[4]
[1]Tambov State Technical University, Tambov, Russia
ŠKODA Car Dealership OOO Avtoritet, Tambov, Russia

ABSTRACT

Introduction. *An automobile vehicle consists of a large number of parts that affect traffic safety in different ways. The elements that critically affect the safety of the vehicle include automobile pneumatic tires. Their technical condition is currently being assessed visually, without the use of special equipment. This diagnostic method does not provide detection of hidden tire damage. This article describes the proposed method of diagnosing pneumatic tires of passenger cars, as well as the scheme of the stand for its implementation.*
Materials and methods. *Based on previous studies, it was proposed to use the static stiffness of automobile tires as a diagnostic parameter when assessing their technical condition. To implement the use of this diagnostic parameter, a new method for assessing the technical condition of tires was proposed. It consists in determining and comparing the values of the static stiffness of the tire at its various points with the average stiffness value at all measurement points. To implement this method in the laboratory, a schematic diagram of the stand was proposed.*
Results. *In accordance with the proposed scheme of the stand, a volumetric model of the stand was developed for the implementation of the proposed method in laboratory conditions, and the frame of the stand was made and its main elements were selected. As a converter of the rotational movements of the potentiometer handle into the electronic signal, it was decided to use the Arduino Uno R3 analog-to-digital converter. Software was also developed to automate the reading and processing of bus diagnostic results.*
Discussion and conclusions. *The proposed method of tire diagnostics and the stand implementing it can increase the efficiency and simplicity of assessing the technical condition of pneumatic tires of passenger cars. Further research is needed to assess the effectiveness of the proposed solutions.*

KEYWORDS: *automobile pneumatic tire, tire diagnostics, hidden tire damage, static tire stiffness.*

The article was submitted 31.10.2021; approved after reviewing 05.12.2021; accepted for publication 14.12.2021.
The authors have read and approved the final manuscript.
Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods.
There is no conflict of interest.

For citation: Holshev N.V., Konovalov D.N., Prokhorov A.V., Minaev P.S. Laboratory stand for car tire diagnostics. The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2021; 18 (6): 734-745. DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-6-734-745

© N.V. Holshev, Minaev P.S., Konovalov D.N., Prokhorov A.V., 2021

Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Ежедневно на территории Российской Федерации происходят дорожно-транспортные происшествия различной степени тяжести. По данным ФКУ «Научный центр безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации», в 2020 г. «на территории страны произошло 145 073 дорожно-транспортных происшествий, в которых погибли и (или) были ранены люди»[1]. Причины этих происшествий различны. Прежде всего, это не соблюдение участниками движения правил дорожного движения и неудовлетворительное состояние улично-дорожной сети и железнодорожных переездов, а также ДТП, вызванные техническими неисправностями транспортных средств. За 2020 г. по этой причине произошло 7658 ДТП (5,3% от общего числа ДТП)[1]. Автомобиль состоит из множества агрегатов, систем, узлов и деталей, по-разному влияющих на безопасность дорожного движения. Относительно небольшая доля элементов автомобиля является критической с точки зрения влияния на появление ДТП. К таким элементам можно отнести и автомобильные шины. Выход из строя шины при движении автомобиля может привести к серьезным происшествиям [1, 2]. Поэтому так важно полноценно оценивать их техническое состояние. В настоящее время вся диагностика шин сводится к визуальному ее осмотру на предмет наличия трещин, порезов, грыж, а также к проверке величины давления в колесе и контролю высоты протектора [3, 4, 5]. В последнее время стала активно развиваться и внедряться система контроля давления в шинах (TPMS), которая обеспечивает непрерывный контроль давления в шинах [3]. За рубежом активно занимаются вопросами создания и внедрения «интеллектуальной» шины с встраиванием в нее различных датчиков, считывающих в реальном времени ее параметры (давление, температуру, износ протектора) и условия движения (коэффициент сцепления колес с дорогой, является ли дорога мокрой, заснеженной или обледенелой) и передающих их в бортовую систему автомобиля [3, 6, 7, 8]. Разработкой подобных шин занимаются прежде всего такие мировые бренды, как Continental, Michelin, Nokian, Bridgestone и др. Такие системы эффективны при относительно небольших утечках воздуха, они своевременно оповестят водителя о снижении давления, снизив тем самым возможность аварийной ситуации. На данный момент такие шины массового применения не получили, да и стоимость их выше обычных.

В ряде случаев шины при эксплуатации могут получать внутренние повреждения, которые возникают от ударных нагрузок о неровности, перегрева поверхности шин и могут визуально никак не проявляться до момента своего проявления при движении [2, 4, 5, 6][2][3]. Их проявление возникает, как правило, в резком нарушении целостности шины, что не сможет предсказать с достаточной точностью ни система TPMS, ни система «интеллектуальной» шины. Для выявления таких дефектов нужно полноценное соответствующее технологическое оборудование. В настоящее время диагностирование наличия таких повреждений в процессе эксплуатации, как правило, не осуществляется [2]. Это связано с отсутствием доступного технологического оборудования, позволяющего выявлять данные дефекты[2][3]. Существуют способы оценки внутренней структуры покрышки при помощи рентгеновского излучения [9, 10] с применением систем автоматического распознавания дефектов на снимках [11, 12], реализованных в ряде случаев с использованием глубокой сверточной нейронной сети [1, 13, 14], или поиск дефектов шин на изображениях шинографии осуществляется с использованием гибридного объединения сверточных нейронных сетей с высокопроизводительными, более быстрыми сверточными нейронными сетями на основе регионов [15]. Такое оборудование чаще всего применяют при производстве шин, что также немаловажно, так как существует большая вероятность возникновения скрытых дефектов структуры шин уже при их производстве, что недопустимо [16]. При сборке колес в промыш-

[1] . Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2020 год. Информационно-аналитический обзор. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2021. 79 с.

[2] Дорошин Д.В., Хольшев Н.В. Обзор основных причин отказа автомобильных шин в процессе эксплуатации // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт: материалы VI-й Международной научно-практической конференции Института архитектуры, строительства и транспорта. Тамбов. 2019. С. 434–437.

[3] Дамзен В.А., Трефилов М.А. Скрытые дефекты автомобильных шин // Совершенствование технологий и организации обеспечения работоспособности машин: сб. науч. тр. Саратов. 2007. С. 24–29.

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

ленных условиях на некоторых производствах (промышленная система Coditech) осуществляется оценка состояния покрышек после сборки на наличие на их поверхности царапин и складок резины шин, которые могут быть небезопасны для собранных изделий [17]. Эта проверка выполняется путем обработки 2D-изображений, преобразуемых из 3D-модели поверхности шины, получаемой в реальном времени при помощи лазерного профилометра и детектора [17]. Полученные изображения сравниваются с эталонными изображениями с применением различных алгоритмов обработки изображений, в результате чего в автоматическом режиме делается заключение о состоянии шины после ее монтажа на обод колеса [17]. Возможна оценка состояния шины также путем определения ее динамических характеристик через коэффициент затухания колебаний шины [2, 18]. Как правило, существующее оборудование имеет высокую стоимость и большую трудоемкость использования, обусловленную необходимостью снятия и последующей установки колес.

Для повышения доступности и простоты выполнения диагностирования скрытых повреждений автомобильных шин был произведен ряд исследований. На основании одного из них было получено обоснование возможности использования в качестве диагностического параметра для выявления скрытых повреждений шин статической жесткости колеса [19]. Для оценки перспективности использования данного параметра при оценке шин на наличие скрытых повреждений и реализации использования данного параметра необходима разработка метода диагностирования шин, а также изготовление в дальнейшем лабораторной установки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Суть предлагаемого метода диагностирования шин с использованием предложенного диагностического параметра заключается в многократном измерении статической жесткости шины через равные углы ее поворота относительно оси вращения, усреднении полученных значений, получении доверительного интервала значений с заданной вероятностью и выявлении участков шины с статической жесткостью, выходящей за нижнюю границу полученного доверительного интервала.

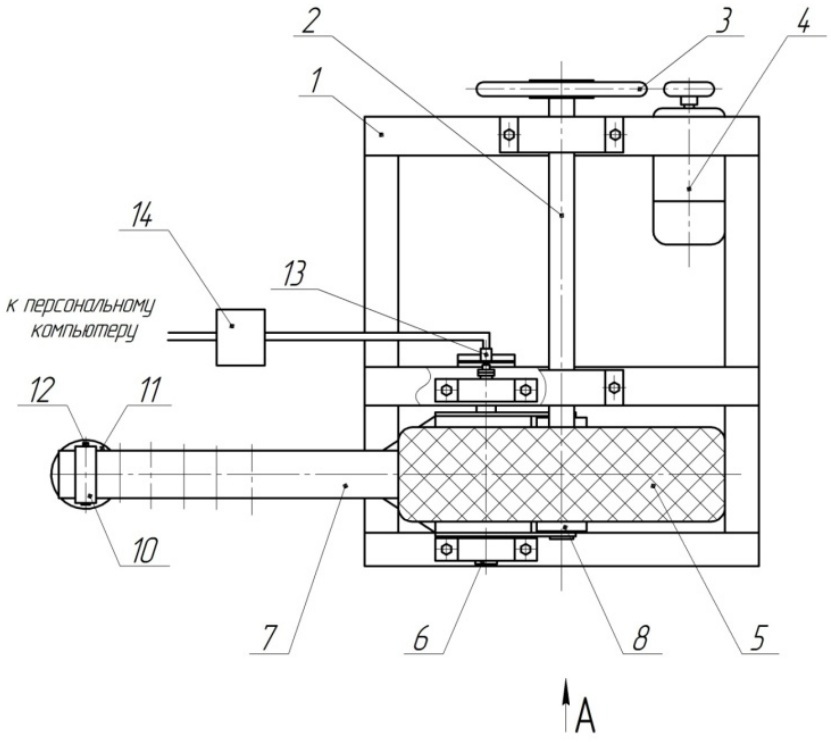


Рисунок 1 – Схема стенда для выявления скрытых повреждений пневматических автомобильных шин

Figure 1 – Diagram of a stand for detecting hidden damages of pneumatic car tires

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

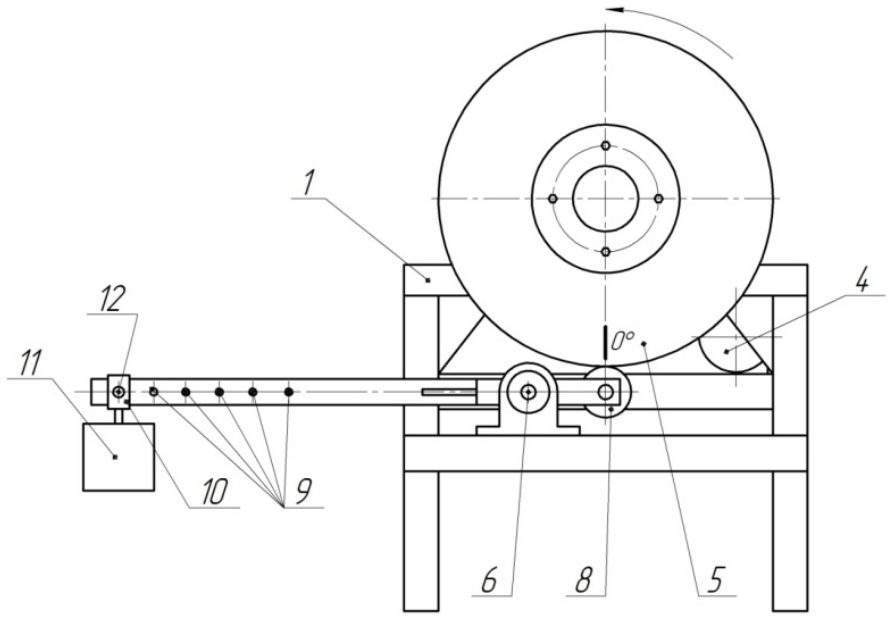


Рисунок 2 – Вид А. Схема стенда для выявления скрытых повреждений пневматических автомобильных шин

Figure 2 – View A. Diagram of the stand for detecting hidden damage of pneumatic car tires

Для реализации предложенного способа в лабораторных условиях была разработана схема стенда (рисунки 1, 2). Стенд для выявления скрытых повреждений пневматических автомобильных шин состоит из рамы *1* с установленным на ней валом *2*, приводимым в движение через цепную передачу *3* при помощи электродвигателя *4*. На валу *2* закреплена ступица, позволяющая устанавливать диагностируемое колесо *5*. С рамой *1* через ось *6* шарнирно соединен рычаг *7*, причем сама ось *6* жестко соединена с рычагом *7*. На правом конце рычага *7* в вилке установлен ролик *8*, который может свободно вращаться вокруг своей оси. На левом конце рычага *7* имеются отверстия *9*, которые служат для фиксации подвижной планки *10* с грузом *11,* обеспечивающим изменение силы прижатия ролика к колесу *5*. Фиксация подвижной планки осуществляется при помощи пальца *12*. С осью *6* жестко связана ручка потенциометра *13* (см. рисунок 1). Его выходные контакты подключаются через преобразователь *14* к персональному компьютеру (см. рисунок 1).

Диагностирование осуществляется в соответствии с алгоритмом, приведенным на рисунке 3. Колесо устанавливается на ступицу вала *2* стенда. Затем при помощи подвижной планки *10* с грузом *11* через рычаг *7* производится прижатие ролика *8* к колесу *5* с усилием, примерно равным весу, приходящемуся на колесо, установленное на автомобиль. Регулировка силы прижатия осуществляется за счет перемещения подвижной планки *10* с грузом *11* и фиксации их пальцем *12* в отверстиях *9*. После нагружения колеса на персональный компьютер передается значение сопротивления на потенциометре, соответствующее некоторому повороту ручки потенциометра *13* (см. рисунок 1). Напротив точки контакта колеса *5* и ролика *8* ставят мелом риску – нулевая точка, соответствующая нулевому углу поворота колеса (см. рисунок 2).

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

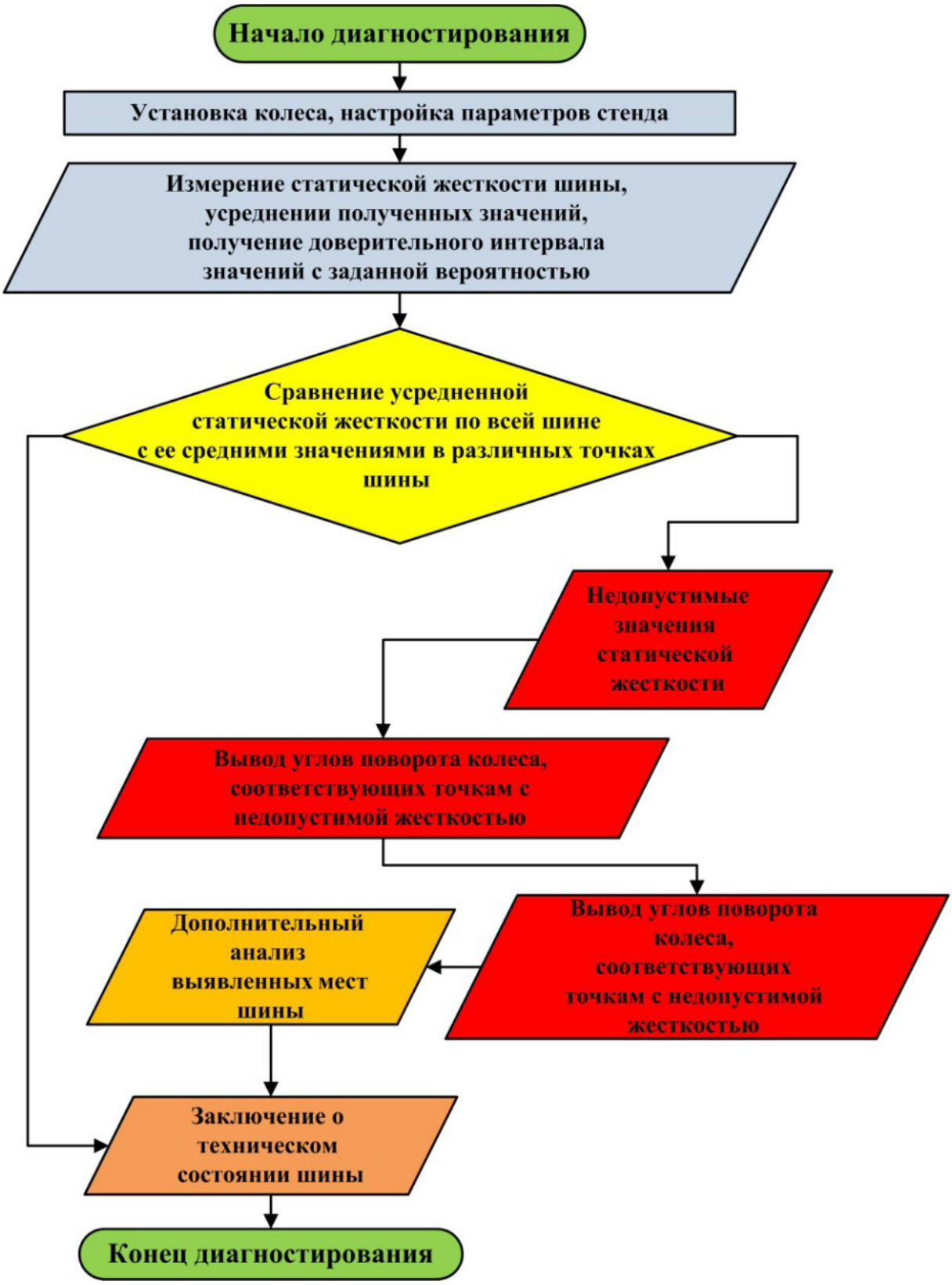


Рисунок 3 – Алгоритм диагностирования скрытых повреждений автомобильных шин

Figure 3 – Algorithm for diagnosing hidden damage of car tires

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile and Highway Industry Journal

После включают привод и колесо начинает вращаться с некоторой частотой против хода часовой стрелки. Время включения привода должно обеспечить как минимум один полный оборот колеса и будет зависеть от диаметра колеса. При вращении колеса рычаг будет перемещаться вверх или вниз в зависимости от величины статической жесткости шины в конкретном месте, а так как ручка потенциометра *13* жестко связана с осью *6,* которая в свою очередь также жестко связана с рычагом *7*, то все линейные перемещения ролика будут преобразовываться в некоторый угол поворота ручки потенциометра *13* (см. рисунок 1), которому будут соответствовать некоторые значения сопротивления. Значения сопротивления и соответствующий им угол поворота колеса через преобразователь *14* (см. рисунок 1) передаются на персональный компьютер и обрабатываются специальной компьютерной программой, которая после остановки электродвигателя *4* привода, произведет вычисление среднего значения статической жесткости шины и определит границы доверительного интервала значений с заданной вероятностью, а также выведет значения углов поворота колеса, соответствующие местам на шине со статической жесткостью, выходящей за нижнюю границу полученного доверительного интервала. В местах шины, где будет отмечено значительное отклонение статической жесткости шины, предположительно может быть явный или скрытый дефект. Для нахождения данной точки выданное программой значение угла поворота шины откладывают от нулевой точки, а затем производят визуальный осмотр данного места шины и принимают окончательное решение о техническом состоянии шины.

РЕЗУЛЬТАТЫ

После разработки принципиальной схемы стенда перешли к детальной разработке цифрового преобразователя и программного обеспечения для считывания и обработки результатов диагностирования, а также к выполнению объемной модели стенда.

В качестве преобразователя вращательных движений ручки потенциометра в электронный сигнал было решено использовать аналого-цифровой преобразователь Arduino Uno R3 на базе микроконтроллера ATmega328P[4]. Средний контакт переменного резистора подключается ко входу A0 Arduino Uno R3, а два других к +5V и GND. Схема подключения приведена на рисунке 4. Аналого-цифровой преобразователь имеет разрядность 10 бит (1024 градации измеряемой величины). Таким образом осуществляется оцифровка сигнала с переменного резистора: в зависимости от положения скользящего контакта резистора на вход Arduino Uno R3 поступает напряжение в пределах от 0 до 5 В. Микроконтроллер, выполняя записанную в него программу, преобразует это напряжение в числа от 0 до 1023 и отправляет значение в последовательный порт (serial port). За нулевую точку отчета следует брать половину напряжения – 2,502 В, соответствующее числу 512. При повороте рычага на некоторый угол происходит изменение сопротивления потенциометра, которое соответствует некоторому значению статистической жесткости шины в конкретной ее точке[2].

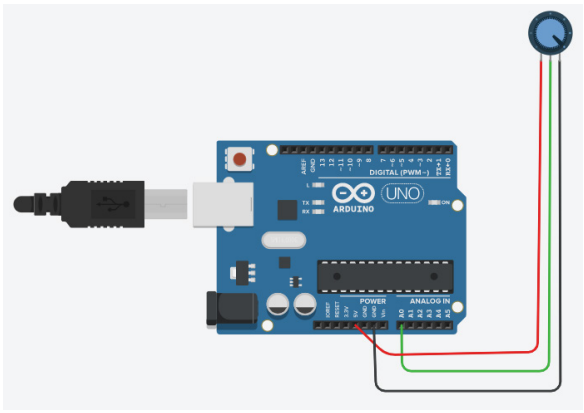


Рисунок 4 – Схема подключения потенциометра к плате Arduino Uno R3

Figure 4 – Connection diagram of the potentiometer to the Arduino Uno R3 board

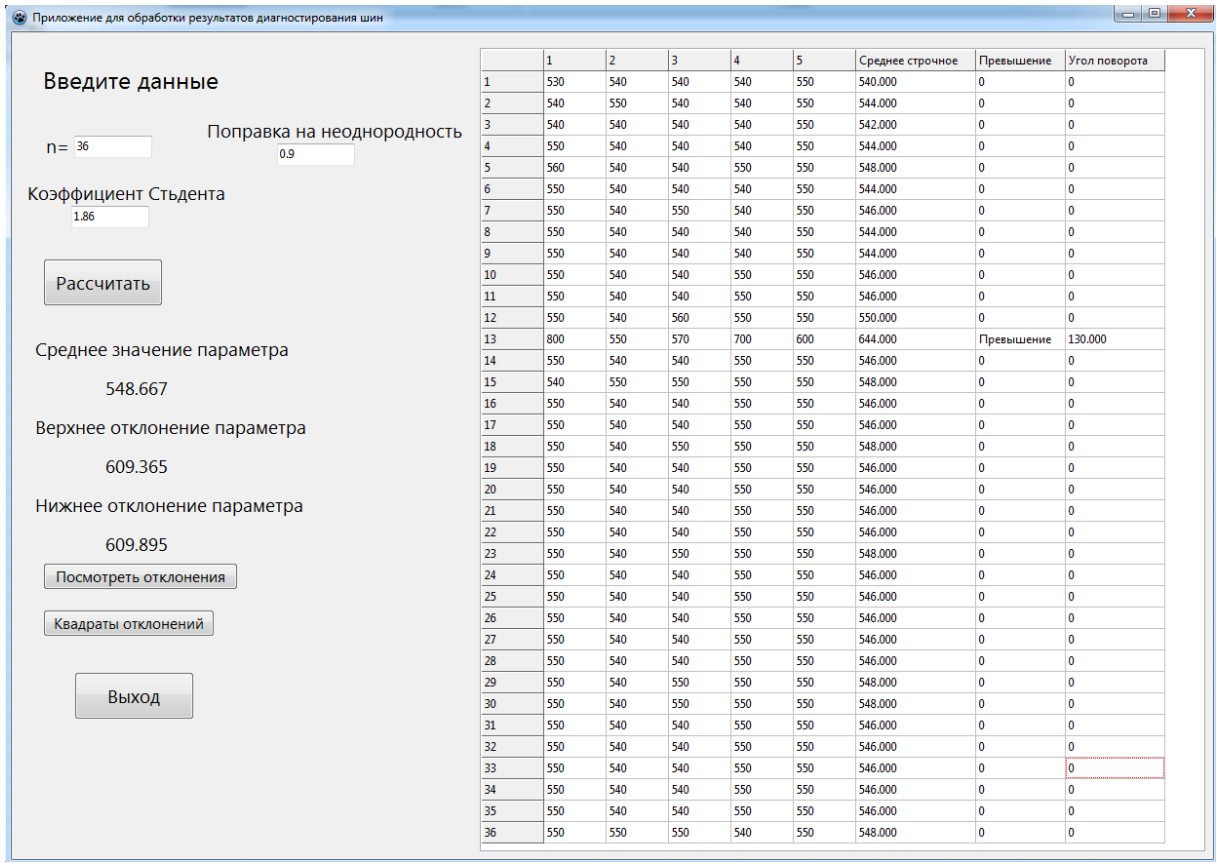
Моменты считывания данных по окружности колеса можно настроить и выполнить через равные углы поворота колеса. Для повышения точности измерений количество оборотов следует принимать не менее пяти. Для обработки полученных данных в автоматическом режиме было разработано специальное приложение

[4] Минаев П.С., Хольшев Н.В. Метод диагностирования скрытых повреждений автомобильных шин и способ его реализации // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса: материалы VII Международной научно-практической конференции. Горловка. 2021. С. 52–54.

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

в среде программирования Lasarus 2.0[5]. Обработка данных предусматривает определение среднего значения показаний резистора и нахождение доверительного интервала по типовой методике. Скриншот рабочего окна программы представлен на рисунке 5 (данные носят демонстративный характер). Дополнительно предусмотрен ввод коэффициента для учета неоднородности жесткости шины. Введение коэффициента неоднородности жесткости шин обусловлено наличием некоторой неоднородности статистической жесткости шины даже для исправной шины, что подтверждено проведенными ранее испытаниями. При выхождении среднего значения по строчкам из рассчитанного программой доверительного интервала делается предположение о наличии повреждения в данной точке шины. Программа возле точек, не входящих в интервал, выдает сообщение «Превышение» и угол поворота колеса, где эта точка расположена. При отсутствии таких точек везде проставляются «нули». Далее находятся данные точки на колесе путем отсчета выведенного программой угла от нулевой точки и эти точки шины осматриваются с обеих сторон – снаружи и внутри шины, при наличии неустранимых повреждений шина бракуется.

На основании приведенной выше конструктивной схемы стенда была разработана в программе «Компас» объемная 3D-модель лабораторного стенда (рисунок 6).



	1	2	3	4	5	Среднее строчное	Превышение	Угол поворота
1	530	540	540	540	550	540.000	0	0
2	540	550	540	540	550	544.000	0	0
3	540	540	540	540	550	542.000	0	0
4	550	540	540	540	550	544.000	0	0
5	560	540	540	550	550	548.000	0	0
6	550	540	540	540	550	544.000	0	0
7	550	540	550	540	550	546.000	0	0
8	550	540	540	540	550	544.000	0	0
9	550	540	540	540	550	544.000	0	0
10	550	540	540	550	550	546.000	0	0
11	550	540	540	550	550	546.000	0	0
12	550	540	560	550	550	550.000	0	0
13	800	550	570	700	600	644.000	Превышение	130.000
14	550	540	540	550	550	546.000	0	0
15	540	550	550	550	550	548.000	0	0
16	550	540	540	550	550	546.000	0	0
17	550	540	540	550	550	546.000	0	0
18	550	540	550	550	550	548.000	0	0
19	550	540	540	550	550	546.000	0	0
20	550	540	540	550	550	546.000	0	0
21	550	540	540	550	550	546.000	0	0
22	550	540	540	550	550	546.000	0	0
23	550	540	550	550	550	548.000	0	0
24	550	540	540	550	550	546.000	0	0
25	550	540	540	550	550	546.000	0	0
26	550	540	540	550	550	546.000	0	0
27	550	540	540	550	550	546.000	0	0
28	550	540	540	550	550	546.000	0	0
29	550	540	550	550	550	548.000	0	0
30	550	540	550	550	550	548.000	0	0
31	550	540	540	550	550	546.000	0	0
32	550	540	540	550	550	546.000	0	0
33	550	540	540	550	550	546.000	0	0
34	550	540	540	550	550	546.000	0	0
35	550	540	540	550	550	546.000	0	0
36	550	550	550	540	550	548.000	0	0

Рисунок 5 – Рабочее окно программы для обработки результатов диагностирования шин

Figure 5 – The working window of the program for processing the results of tire diagnostics

[5] Минаев П.С., Хольшев Н.В. Методика обработки результатов диагностирования автомобильных шин и приложение для ее реализации // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса: материалы VII Международной научно-практической конференции. Горловка. 2021. С. 55–57.

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

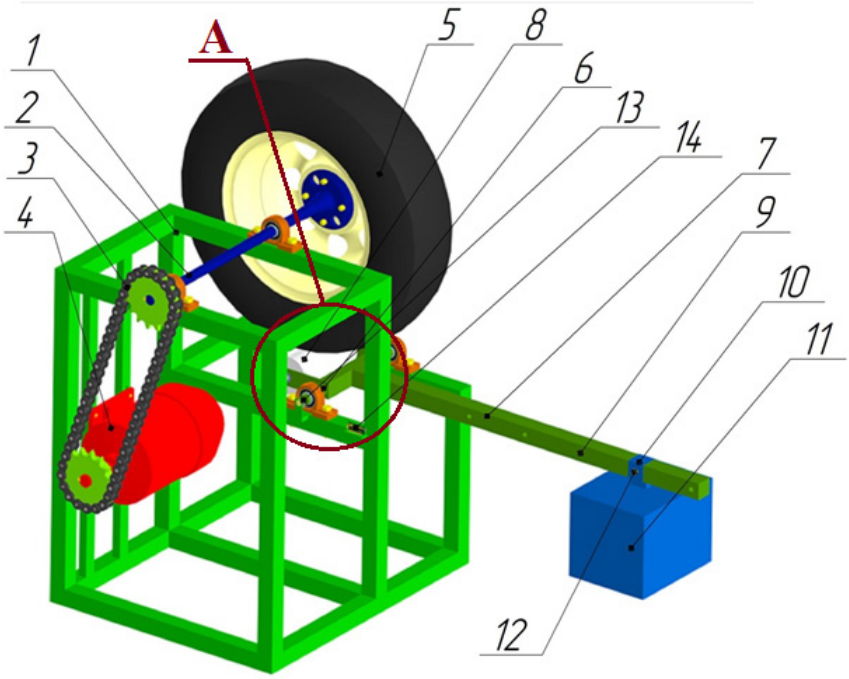


Рисунок 6 – Объемная модель лабораторного стенда

Figure 6 – Volumetric model of the laboratory stand

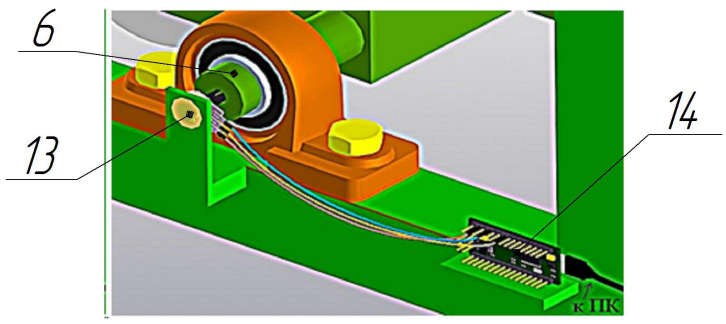


Рисунок 7 – Вид А. Подключение и установка потенциометра и Arduino Uno R3

Figure 7 – View A. Connecting and installing a potentiometer and Arduino Uno R3

Стенд состоит из рамы *1* с установленным на ней валом *2*, приводимым в движение через цепную передачу *3* при помощи электродвигателя *4*. На валу *2* закреплена ступица, позволяющая устанавливать диагностируемое колесо *5*. С рамой *1* через ось *6* шарнирно соединен рычаг *7*, причем сама ось *6* жестко соединена с рычагом *7*. На правом конце рычага *7* в вилке установлен ролик *8* (см. рисунок 6), который может свободно вращаться вокруг своей оси. На рычаге *7* через некоторое расстояние имеются отверстия *9*, которые служат для фиксации подвижной планки *10* с грузом *11*, обеспечивающим изменение силы прижатия ролика к колесу *5*. Фиксация подвижной планки осуществляется при помощи пальца *12*. С осью *6* жестко связана ручка потенциометра *13* (см. рисунки 6, 7). Его выходные контакты подключаются через преобразователь 14 (Arduino Uno R3) к персональному компьютеру через USB (см. рисунок 7).

После выполнения 3Д-модели в программе «Компас 3Д» приступили к подбору и изготовлению узлов и деталей лабораторного образца стенда. Рама изготовлена из металлических труб квадратного сечения 40 на 40 мм,

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

скреплённых между собой сваркой по схеме и с геометрическими параметрами 3Д-модели (см. рисунок 6). Также осуществлен подбор электродвигателя, вала стенда, подшипниковых опор и собрана электронная часть стенда. Ведутся работы по дальнейшему комплектованию стенда деталями и монтаж их на раму.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный метод диагностирования и устройство для его реализации позволят в случае подтверждения своей эффективности снизить трудоемкость и упростить процесс выявления скрытых повреждений шин, а в дальнейшем разработать стенд для осуществления экспресс-диагностики пневматических шин автомобилей, повысив их эксплуатационную надежность, снизив вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий. Предлагаемый стенд имеет простую и надежную конструкцию, а использование компьютерного приложения позволяет выполнять обработку данных в автоматическом режиме с минимальными затратами времени. Это даст возможность в дальнейшем повысить доступность и эффективность диагностического оборудования для шин. В настоящее время на данный метод и конструктивную схему стенда оформлена и подана заявка на получение патента РФ. Для проверки работоспособности и эффективности данного метода и устройства для его реализации в лабораторных условиях необходимы дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mohan P., Pahinkar A., Karajgi A., Kumar L., Kasera R., Gupta A., Narayanan S. Multi-Contrast Convolution Neural Network and Fast Feature Embedding for Multi-Class Tyre Defect Detection// 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA). November 2020: 1397-1405.: htpps:// 10.1109/ICECA49313.2020.9297615

2. Трефилов М.А., Дамзен В.А. Коэффициент затухания колебаний шины как диагностический параметр // Автомобильная промышленность. 2010. № 9. С. 32–33.

3. Zhang H., Zhang S., Zhang Y., Huang X., Dai Y. Abrasion Status Prediction with BP Neural Network Based on an Intelligent Tire System// 4th CAA International Conference on Vehicular Control and Intelligence (CVCI). December 2020. pp. 619-622. [Электронный ресурс]: htpps:// doi.org/ 10.1109/CVCI51460.2020.9338547

4. Li Y., Zuo S., Lei L., Yang X., Wu X. Analysis of impact factors of tire wear// Journal of Vibration and Control. May 2012. Vol.18 (6): 833-840.: htpps:// doi.org/ 10.1177/1077546311411756

5. Abdulaev E., Makharatkin P., Pumpur E. A priori ranking and an analysis of factors affecting tire wear// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. November 2019. Vol.378: 012001.: htpps:// doi.org/ 10.1088/1755-1315/378/1/012001

6. Todoroki A., Matsuzaki R. Wireless Monitoring of Automobile Tires for Intelligent Tires// Sensors. December 2008. Vol.8.: 8123-8138.: htpps:// doi.org/ 10.3390/s8128123

7. Yunta J., García-Pozuelo D., Diaz V., Olatunbosun O. Influence of camber angle on tire tread behavior by an on-board strain-based system for intelligent tires// Measurement. October 2019. Vol.145.: 631-639.: htpps:// doi.org/ 10.1016/j.measurement.2019.05.105

8. Zhu B., Han J., Zhao J. Tire-Pressure Identification Using Intelligent Tire with Three-Axis Accelerometer// Sensors. June 2019. Vol.19(11):2560.: htpps:// doi.org/ 10.3390/s19112560

9. Jinyin C., Li Y., Zhao J. X-ray of Tire Defects Detection via Modified Faster R-CNN// 2nd International Conference on Safety Produce Informatization (IICSPI). November 2019.: 257-260.: htpps:// doi.org/ 10.1109/IICSPI48186.2019.9095873

10. Zhang Y., Lefebvre D. Automatic, Li Q. Detection of Defects in Tire Radiographic Images// IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. Septembr 2015. Vol.14.: 1-9.: htpps:// doi.org/ 10.1109/TASE.2015.2469594

11. Zhang Y., Cui X., Liu Y., Yu B. TireNet: A high recall rate method for practical application of tire defect type classification// International Journal of Computational Intelligence Systems. May 2018. Vol.11.: 1056-1066.: htpps:// doi.org/ 10.2991/ijcis.11.1.80

12. Cui X., Liu Y. Defect automatic detection for tire X-ray images using inverse transformation of principal component residual// Third International Conference on Artificial Intelligence and Pattern Recognition (AIPR). September 2016.: 1-8.: htpps:// doi.org/ 10.1109/ICAIPR.2016.7585205

13. Wang R., Guo Q., Lu S., Zhang C. Tire Defect Detection Using Fully Convolutional Network// IEEE Access. January 2019. Vol.7.: 43502-43510.: htpps:// doi.org/ 10.1109/ACCESS.2019.2908483

14. Tada H., Sugiura A. Defect Classification on Automobile Tire Inner Surfaces with Functional Classifiers// Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers. January 2021. Vol.34.: 1-10.: htpps:// doi.org/ 10.5687/iscie.34.1

15. Chang C.-Y., Srinivasan K., Wang W.-C., Ganapathy G., Vincent P M D., Deepa, N. Quality Assessment of Tire Shearography Images via Ensemble Hybrid Faster Region-Based ConvNets// Electronics. December 2019. Vol.9.: 1-13.: htpps:// 10.3390/electronics9010045

16. Weyssenhoff A., Opala M., Koziak S., Melnik R. Characteristics and investigation of selected manufacturing defects of passenger car tires// Transportation Research Procedia. May 2019. Vol.40.: 119-126.: htpps:// doi.org/ 10.1016/j.trpro.2019.07.020

17. Massaro A., Dipierro G., Cannella E., Galiano A. Comparative Analysis among Discrete Fourier Transform, K-Means and Artificial Neural Networks

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile and Highway Industry Journal

Image Processing Techniques Oriented on Quality Control of Assembled Tires // Information (Switzerland). May 2020. Vol.11.: 257-277.: htpps:// doi.org/ 10.3390/ info11050257

18. Дамзен В.А., Трефилов М.А. Разработка метода оценки скрытых дефектов автомобильных шин по параметрам динамической жесткости // Автотранспортное предприятие. 2009. № 1. С. 48–50.

19. Хольшев Н.В., Лавренченко А.А., Коновалов Д.Н., Минаев П.С. Обоснование диагностического параметра для определения скрытых повреждений шин автомобилей // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 3(80). С. 191–196.

REFERENCES

1. Mohan P., Pahinkar A., Karajgi A., Kumar L., Kasera R., Gupta A., Narayanan S. Multi-Contrast Convolution Neural Network and Fast Feature Embedding for Multi-Class Tyre Defect Detection// 4th *International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*. November 2020: 1397-1405. DOI: htpps:// doi.org/10.1109/ICECA49313.2020.9297615

2. Trefilov M. A., Damzen V. A. Koefficient zatuhaniya kolebanij shiny kak diagnosticheskij parametr [The attenuation coefficient of tire vibrations as a diagnostic parameter] *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2010. 9: 32-33. (in Russian)

3. Zhang H., Zhang S., Zhang Y., Huang X., Dai Y. Abrasion Status Prediction with BP Neural Network Based on an Intelligent Tire System. *4th CAA International Conference on Vehicular Control and Intelligence (CVCI)*. December 2020: 619-622. DOI: htpps:// doi.org/ 10.1109/CVCI51460.2020.9338547

4. Li Y., Zuo S., Lei L., Yang X., Wu X. Analysis of impact factors of tire wear. *Journal of Vibration and Control*. May 2012. 18 (6): 833-840. DOI: htpps:// doi.org/ 10.1177/1077546311411756

5. Abdulaev E., Makharatkin P., Pumpur E. A priori ranking and an analysis of factors affecting tire wear. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, 378: 012001. DOI: htpps:// doi.org/ 10.1088/1755-1315/378/1/012001

6. Todoroki A., Matsuzaki R. Wireless Monitoring of Automobile Tires for Intelligent Tires. *Sensors.* December 2008. 8: 8123-8138. DOI: htpps:// doi.org/ 10.3390/ s8128123

7. Yunta J., García-Pozuelo D., Diaz V., Olatunbosun O. Influence of camber angle on tire tread behavior by an on-board strain-based system for intelligent tires. *Measurement.* October 2019. 145: 631-639. DOI: htpps:// doi.org/ 10.1016/j.measurement.2019.05.105

8. Zhu B., Han J., Zhao J. Tire-Pressure Identification Using Intelligent Tire with Three-Axis Accelerometer. *Sensors*. June 2019.19(11): 2560. DOI: htpps:// doi.org/ 10.3390/s19112560

9. Jinyin C., Li Y., Zhao J. X-ray of Tire Defects Detection via Modified Faster R-CNN. *2nd International Conference on Safety Produce Informatization (IICSPI)*. November 2019: 257-260. DOI: htpps:// doi.org/ 10.1109/IICSPI48186.2019.9095873

10. Zhang Y., Lefebvre D. Automatic, Li Q. Detection of Defects in Tire Radiographic Images. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. Septembr 2015. 14: 1-9. DOI: htpps:// doi.org/ 10.1109/ TASE.2015.2469594

11. Zhang Y., Cui X., Liu Y., Yu B. TireNet: A high recall rate method for practical application of tire defect type classification. *International Journal of Computational Intelligence Systems*. May 2018. 11: 1056-1066. DOI: htpps:// doi.org/ 10.2991/ijcis.11.1.80

12. Cui X., Liu Y. Defect automatic detection for tire X-ray images using inverse transformation of principal component residual. *Third International Conference on Artificial Intelligence and Pattern Recognition (AIPR)*. September 2016: 1-8. DOI: htpps:// doi.org/ 10.1109/ ICAIPR.2016.7585205

13. Wang R., Guo Q., Lu S., Zhang C. Tire Defect Detection Using Fully Convolutional Network. *IEEE Access*. January 2019. 7: 43502-43510. DOI: htpps:// doi.org/ 10.1109/ACCESS.2019.2908483

14. Tada H., Sugiura A. Defect Classification on Automobile Tire Inner Surfaces with Functional Classifiers. *Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers.* January 2021. 34: 1-10. DOI: htpps:// doi.org/ 10.5687/iscie.34.1

15. Chang C.-Y., Srinivasan K., Wang W.-C., Ganapathy G., Vincent P M D., Deepa, N. Quality Assessment of Tire Shearography Images via Ensemble Hybrid Faster Region-Based ConvNets. *Electronics.* December 2019. 9: 1-13. DOI: htpps:// 10.3390/electronics9010045

16. Weyssenhoff A., Opala M., Koziak S., Melnik R. Characteristics and investigation of selected manufacturing defects of passenger car tires. *Transportation Research Procedia*. May 2019. 40: 119-126. DOI: htpps:// doi.org/ 10.1016/j.trpro.2019.07.020

17. Massaro A., Dipierro G., Cannella E., Galiano A. Comparative Analysis among Discrete Fourier Transform, K-Means and Artificial Neural Networks Image Processing Techniques Oriented on Quality Control of Assembled Tires. *Information (Switzerland)*. May 2020. 11: 257-277. DOI: htpps:// doi.org/ 10.3390/ info11050257

18. Damzen, V. A., Trefilov M. A. Razrabotka metoda ocenki skrytyh defektov avtomobil'nyh shin po parametram dinamicheskoj zhestkosti [Development of a method for assessing hidden defects of automobile tires by dynamic stiffness parameters]. *Avtotransportnoe predpriyatie.* 2009. 1: 48-50. (in Russian)

19. Hol'shev N.V., Lavrenchenko A.A., Konovalov D.N., Minaev P.S. Obosnovanie diagnosticheskogo parametra dlya opredeleniya skrytyh povrezhdenij shin avtomobilej [Substantiation of the diagnostic parameter for determining hidden damage to car tires]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov*. 2020. 3(80): 191 -196 (in Russian)

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Хольшев Н.В. Разработка метода диагностирования шин и конструктивно-технологической схемы стенда, а также части кода программы для обработки результатов диагностирования.

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Минаев П.С. Разработка объемной модели стенда в программе «Компас 3D» и ее описания, изготовление рамы стенда.

Коновалов Д.Н.Разработка алгоритма диагностирования скрытых повреждений автомобильных шин по предложенному методу.

Прохоров А.В. Разработка конструктивно-технологической схемы стенда, а также части кода программы для считывания результатов диагностирования.

COAUTHORS' CONTRIBUTION

Nikolay V. Holshev – Development of a tire diagnostic method and a design and technological scheme of the stand, as well as part of the program code for processing diagnostic results.

Pavel S. Minaev – Development of a three-dimensional model of the stand in the Compass 3D program and its descriptions, production of the stand frame.

Dmitry N. Konovalov – Development of an algorithm for diagnosing hidden damage to car tires according to the proposed method.

Alexey V. Prokhorov – Development of the design and technological scheme of the stand, as well as part of the program code for reading diagnostic results.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Хольшев Николай Васильевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта».

Минаев Павел Сергеевич – слесарь по ремонту автомобилей в автосалоне ŠKODA ООО «Авторитет».

Коновалов Дмитрий Николаевич – канд. техн. наук, доц. кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта».

Прохоров Алексей Владимирович – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры «Агроинженерия».

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikolay V. Holshev, Cand. of Sci., Associate Professor of the Engineering and Technology of Motor Transport Department, Tambov State Technical University.

Pavel S. Minaev, car repair mechanic at the ŠKODA Car Dealership, OOO Avtoritet.

Dmitry N. Konovalov, Cand. of Sci., Associate Professor of the Engineering and Technology of Motor Transport Department, Tambov State Technical University.

Alexey V. Prokhorov, Cand. of Sci., Associate Professor of the Agroengineering Department, Tambov State Technical University.

© 2004–2021 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile and Highway Industry Journal