

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗИМНИХ ШИПОВАННЫХ ШИН

Н. О. Сапоженков¹, В. С. Петров², Д. В. Жданов³

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

¹e-mail: Sapozhenkovn@mail.ru

²e-mail: Slava99-04@mail.ru

³e-mail: 7895lori@gmail.com

Аннотация. Применение зимних шипованных шин оказывает прямое влияние на безопасность эксплуатации автомобилей в зимний период. Гарантийный срок службы таких шин не превышает 5 лет с момента изготовления, после чего необходимость принятия решения о возможности дальнейшего использования возлагается непосредственно на автовладельцев^{1,2}. Вместе с тем, методы оценки чаще всего основаны на результатах визуального осмотра и измерения остаточной глубины протектора, а ограничения производителей имеют рекомендательный характер, что не позволяет в полной мере учитывать изменение эффективности работы шин при потере шипов противоскольжения в процессе эксплуатации. Таким образом, исследования, направленные на совершенствование методов оценки технического состояния зимних шипованных шин и технологий ремонтной ошиповки, актуальны.

Целью исследования является повышение эффективности эксплуатации автомобилей путём установления закономерностей изменения эксплуатационных свойств зимних шин. Методология исследования основана на применении системного подхода, ряда частных методов экспериментально-теоретического уровня и апробированных методик обработки экспериментальных данных.

Результаты экспериментальных исследований по измерению длины тормозного пути и времени разгона подтвердили необходимость оперативного диагностирования остаточного количества шипов на автомобильных шинах. Установлено, что эффективность работы шин по мере уменьшения фактического количества шипов снижается нелинейно и в значительной степени зависит от типа используемого дорожного покрытия.

Научную новизну выполненных исследований составляют закономерности тормозных и разгонных свойств автомобилей, эксплуатируемых на различных дорожных покрытиях в зимних условиях, с учётом технического состояния шипованных шин.

Практическая значимость таких стендов заключается в повышении спроса на данную услугу за счёт снижения себестоимости и значительном сокращении трудозатрат, связанных с оценкой работоспособности зимних шин. Технологические операции с применением портативных стендов могут быть совмещены с периодическим техническим обслуживанием или осуществляться при сезонной смене шин как на станциях технического обслуживания, так и на автотранспортных предприятиях.

Дальнейшие исследования направлены на сбор данных для установления параметров математических моделей наиболее популярных типоразмеров автомобильных зимних шин, что позволит расширить область применения данной технологии.

Таким образом, результаты оперативной диагностики шин рекомендуются для использования владельцами автомобилей при принятии своевременных решений о замене или ремонте, что значительно повышает безопасность движения и снижает стоимость эксплуатации, так как в случае сохранения целостности протектора восстановление зимних шин ремонтными шипами практически полностью восстанавливает исходные свойства, определяющие численные значения показателей эффективности при значительно меньших затратах в сравнении с покупкой комплекта новых шин.

Ключевые слова: автомобиль, шипы противоскольжения, ошиповка, износ, шина, коэффициент сцепления, стенд для определения количества шипов.

¹ ГОСТ Р 52900-2007. Шины пневматические для легковых автомобилей и прицепов к ним. Общие положения: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2007 г. № 602-ст : введ. впервые Дата введения: 2009-01-01 / разработан Техническим комитетом по стандартизации ТК 97 «Шины пневматические для механических транспортных средств, их прицепов и авиационной техники». – Москва.

² Правила эксплуатации автомобильных шин : (АЭ 001-04) : утв. Распоряжением Министра России от 21 января 2004 г. № АК-9-р : введены в действие 1.02.2004. – Москва. – 63 с.

Для цитирования: Сапоженков Н. О., Петров В. С., Жданов Д. В. Повышение эффективности эксплуатации зимних шипованных шин // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – № 6. – С. 96–105. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-6-96.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF WINTER STUDED TIRES OPERATION

N. O. Sapozhenkov¹, V. S. Petrov², D. V. Zhdanov³

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

¹e-mail: Sapozhenkovn@mail.ru

²e-mail: Slava99-04@mail.ru

³e-mail: 7895lori@gmail.com

Abstract. The aim of the study is to increase the efficiency of vehicle operation by establishing patterns of change in the performance properties of winter tires and improving, on this basis, methods for adjusting the frequency of their replacement. The research methodology is based on the application of a systematic approach, a number of private methods of the experimental-theoretical level and proven methods of processing experimental data.

As a result of the analysis of key factors, the relevance of the application of repair technology for studding car tires has been substantiated. Experimental studies on measuring the braking distance and acceleration time have confirmed the need for prompt diagnostics of the residual number of studs on car tires. It was found that the efficiency of the tire as the actual number of studs decreases non-linearly and depends largely on the type of road surface used.

The scientific novelty of the performed research is the regularities of braking and acceleration properties of cars operated on various road surfaces in winter conditions, taking into account the technical condition of studded tires.

The practical significance of such stands is to increase the demand for this service by reducing costs and significantly reducing labor costs associated with assessing the performance of winter tires. Technological operations using portable stands can be combined with periodic maintenance or carried out with a seasonal tire change both at service stations and in motor transport companies.

Further research is aimed at collecting, analyzing and systematizing data to establish the parameters of mathematical models of the most popular standard sizes of automobile winter tires, which will allow scaling the technology and reducing its cost due to mass use.

Thus, the results of the on-line diagnostics of tires can be used by car owners when making timely decisions about replacement or repair, which significantly increases traffic safety and reduces the cost of operation, since if the integrity of the tread is preserved, the restoration of winter tires with repair studs almost completely restores the original properties that determine numerical values of efficiency indicators at significantly lower costs in comparison with buying a set of new tires.

Key words: vehicle, anti-skid studs, pinching, wear, tire, coefficient of adhesion, stand for determining the number of studs.

Cite as: Sapozhenkov, N. O., Petrov, V. S., Zhdanov, D. V. (2021) [Improving the efficiency of winter studded tires operation]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 6, pp. 96–105. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-6-96.

Введение

Как показывает статистика [7, 12, 14], наибольшая часть ДТП происходит в осенне-зимний период. Это связано с тем, что многие водители недооценивают опасность этого периода и не производят своевременное обслуживание и замену зимних шин, что приводит к потере управления на опасных участках дороги.

В такое время водители меняют летние шины на зимние: фрикционные или шипованные. Применение таких шин в зимний период повышает коэффициент сцепления, уменьшает тормозной путь и время разгона, а также способствует улучшению управляемости автомобиля на заснеженных и обле-

денелых участках дорог [2, 12–14].

Вместе с тем, эксплуатационные свойства зимних шин ухудшаются по мере износа протектора, поэтому для обеспечения безопасности движения в зимнее время года необходимо диагностировать их техническое состояние шин перед установкой на автомобиль, и, в случае необходимости, осуществлять обслуживание или замену. Это связано с тем, что на коэффициент сцепления зимних шин влияет множество факторов. Так, например, сцепление с дорожным покрытием фрикционных шин зависит от остаточной глубины протектора и состояния ламелей. А для шипованной шины, которая включает в себя свойства фрикционной, дополнительно при-

обретают важность такие показатели, как высота, количество и жёсткость посадки шипов противоскольжения.

Однако, в настоящее время, изменение численных значений указанных показателей при сезонном обслуживании никак не оценивается без запроса клиента, в том числе по причине отсутствия эффективных методов их оценки. Целью данного исследования является повышение эффективности эксплуатации автомобилей путём установления закономерностей изменения эксплуатационных свойств зимних шипованных шин.

Величина смещения верхней части шипа отражает жёсткость посадочной установки в момент контакта. При предельных значениях данного показателя происходит растяжение и деформация резины в месте крепления шипа, приводящие к его потере. С уменьшением высоты выступания шипов из протектора уменьшается коэффициент сцепления зимней шины с дорогой, так как при контакте с дорожным покрытием рабочая часть шипа вдавливается в поверхность покрытия, образуя механический контакт зацепления вследствие небольшой площади шипа при значительной силе тяжести автомобиля. Высота протектора оказывает влияние на сцепные свойства шины за счёт отведения от поверхности контакта грязевых масс, снега, воды и пр., поэтому с её уменьшением снижается объём отведённых продуктов, что отрицательно влияет на коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием [5–7].

Наиболее значимыми показателями эксплуатационной надёжности и долговечности ошиповки шин является количество и состояние шипов, а также остаточная глубина протектора [10]. Как правило, в условиях городской эксплуатации шипы изнашиваются и выпадают из своих посадочных мест значительно раньше предельного износа протектора, что негативно отражается на тормозном пути и времени ускорения автомобиля.

Из-за относительно высокой стоимости нового комплекта зимних шин для увеличения срока использования в таких случаях применяют ремонтные шипы. Технология восстановления шипов противоскольжения позволяет продлить срок полезного использования зимней шины без значительной потери заводских характеристик [4, 9]. Данный факт мотивирует автовладельцев производить ремонтную ошиповку для снижения затрат на эксплуатацию автомобиля.

Таким образом, целью исследования является повышение эффективности эксплуатации автомобилей путём установления закономерностей изме-

нения эксплуатационных свойств зимних шин. Методология исследования основана на применении системного подхода, ряда частных методов экспериментально-теоретического уровня и апробированных методик обработки экспериментальных данных.

Методика проведения испытаний

Чтобы определить воздействие количества оставшихся шипов на работоспособность шипованных шин, необходимо найти зависимость времени ускорения и тормозного пути от количества шипов. Для этого нужно провести серию испытаний на автомобиле с разным количеством шипов на различных типах дорожного покрытия. Были выбраны участки дороги с соответствующими типами покрытия, температура воздуха во время испытаний составила -23° , а дорожного полотна -19° .

Задачей исследования было выявление зависимости сцепления с дорожным покрытием от количества шипов. Поэтому ошиповка осуществлялась поэтапно с шагом в 25% шипов от их номинального количества с распределением шипов по всей длине протектора в систематическом порядке. Перед проведением испытаний с шин были полностью удалены остатки старых шипов, а ошиповка осуществлялась специальным пневматическим пистолетом РП-12 с применением новых ремонтных шипов ШР12-8-2. Испытания были разбиты на 2 основные части: разгон и торможение.

При проведении испытаний зависимости тормозного пути от количества шипов автомобиль разгонялся последовательно на 4 различных покрытиях (сухой асфальт, уплотнённый снег, рыхлый снег и лёд) до требуемой скорости. Регламент Таможенного союза «О безопасности колёсных транспортных средств» указывает на то, что начальная скорость торможения должна быть 40 км/ч, однако для данных условий было решено разделить испытания на 2 этапа (60 и 30 км/ч)³. После достижения заданной скорости и проезда через конусы, установленные на линии начала торможения, водитель нажимал на педаль тормоза с усилием 600–800 Н до полной остановки. Далее, при помощи геодезической рулетки, производились измерения расстояний от передней точки автомобиля до конусов. На основании полученных результатов была составлена таблица измерений.

Для проведения измерений времени ускорения в диагностический разъём автомобиля был вставлен OBD-II сканер, который был подключён к телефону через Bluetooth, на котором было установлено программное обеспечение для измерения времени уско-

³ Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колёсных транспортных средств»: (ТР ТС 018/2011); утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 877 – Москва. – 465 с.

рения через спидометр автомобиля. Для исключения ошибки измерений из-за пробуксовки колёс показания со спидометра дублировались показаниями GPS. Для проведения самих испытаний автомобиль также выстраивался на различные типы дорожного покрытия и, по готовности всех систем, водитель начинал ускорение. Замеры производились до скорости 60 км/ч, после чего водитель осуществлял остановку автомобиля и повторял процедуру. Результаты также заносились в таблицу измерений.

Для проведения испытаний было выбрано 5 степеней ошиповки. Для изменения степени автомобиля направлялся на дошиповку квалифицирован-

ным специалистом. Сама дошиповка состояла из следующих этапов: снятие колёс, мойка, сушка, дошиповка. После чего новые шипы проходили обкатку по шоссе (примерно 55 км) [3; 4; 9]. Так повторялось до тех пор, пока степень ошиповки не достигла 100%.

Результаты экспериментальных исследований

На основе проведённых экспериментальных исследований были построены графики зависимости тормозного пути от количества шипов на различных поверхностях со скорости 30 км/ч (рисунок 1).

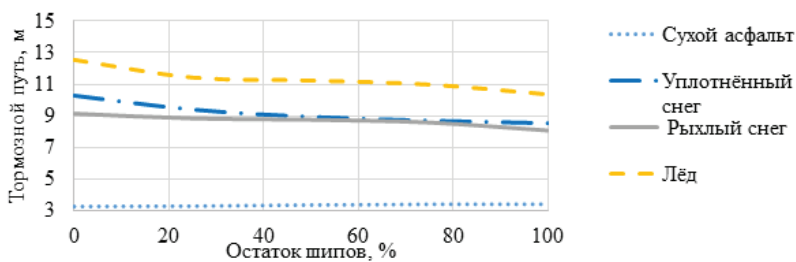


Рисунок 1. Зависимость тормозного пути от количества шипов и типа дорожного покрытия со скорости 30 км/ч

Источник: составлено авторами на основании данных эксперимента

Также был построен график зависимости тормозного пути от количества шипов, при торможе-

нии со скорости 60 км/ч (рисунок 2).

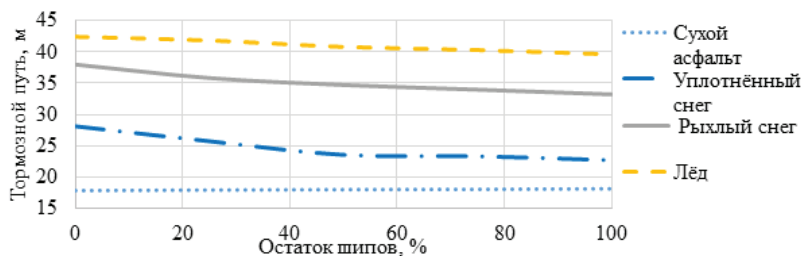


Рисунок 2. Зависимость тормозного пути от количества шипов и типа дорожного покрытия со скорости 60 км/ч

Источник: составлено авторами на основании данных эксперимента

Из полученных графиков следует, что тормозной путь значительно снижается по мере ошиповки шин, что значительно снижает вероятность возникновения ДТП на снежном и ледяном покрытиях. Однако на сухом асфальте результаты измерений почти не изменились. А наибольший эффект ошиповка дала на уплотнённом снегу, разница значений до и после составила около 6 метров.

В результате проведённых испытаний также были построены графики зависимости времени ускорения (от 0 до 60 км/ч) от количества шипов на различных поверхностях для заднего привода (рисунок 3).

Параллельно с испытаниями ускорения на заднем приводе проводились и испытания на полном

приводе, путём переключения раздаточной коробки в соответствующий режим (рисунок 4).

Из полученных данных можно сделать вывод, что шипованные шины позволяют снизить время ускорения до 2 раз, в сравнении с шинами без шипов. На сухом асфальте и уплотнённом снегу время ускорения не изменилось. Кроме того, видно, что наибольший эффект от ошиповки шин наблюдается на автомобиле с полным приводом.

Полученные данные нужно использовать при моделировании процессов ускорения и торможения автомобиля с различным количеством шипов. Для этого необходимо произвести аппроксимацию полученных значений.

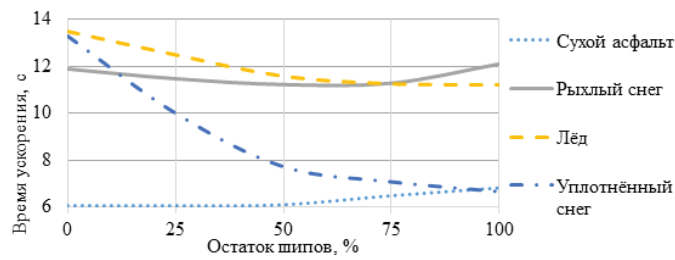


Рисунок 3. Зависимость времени ускорения от количества шипов и типа дорожного покрытия на заднем приводе

Источник: составлено авторами на основании данных эксперимента

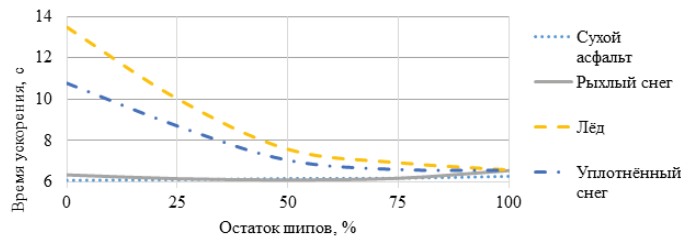


Рисунок 4. Зависимость времени ускорения от количества шипов и типа дорожного покрытия на полном приводе

Источник: составлено авторами на основании данных эксперимента

Принимая во внимание характер изменения исследуемых закономерностей для аппроксимации полученных результатов при моделировании процессов ускорения и торможения автомобиля с различным количеством шипов, предложено использо-

вать уравнение полинома второй степени [15–17]. При торможении с 30 км/ч в значительной степени показатели изменяются на снежном и ледяном покрытиях (рисунок 5).

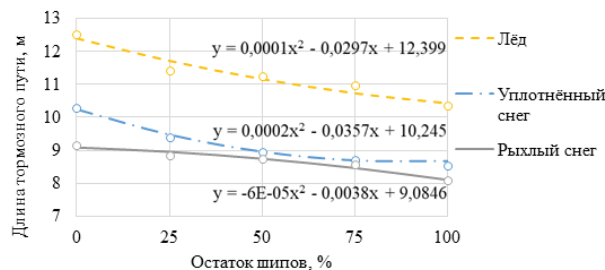


Рисунок 5. Вид зависимости изменения тормозного пути от количества шипов и типа дорожного покрытия со скорости 30 км/ч

Источник: разработано авторами

Изменения значений торможения с 60 км/ч показаны на рисунке 6.

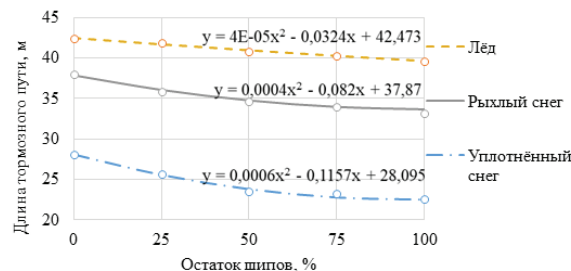


Рисунок 6. Вид зависимости изменения тормозного пути от количества шипов и типа дорожного покрытия со скорости 60 км/ч

Источник: разработано авторами

Статистическая обработка результатов эксперимента позволила установить параметры математических моделей для каждого скоростного режима и покрытия.

Показания интенсивности ускорения значительно изменяются на ледяном покрытии и на уплотнённом снегу. Вид зависимости для полного привода представлен на рисунке 7.

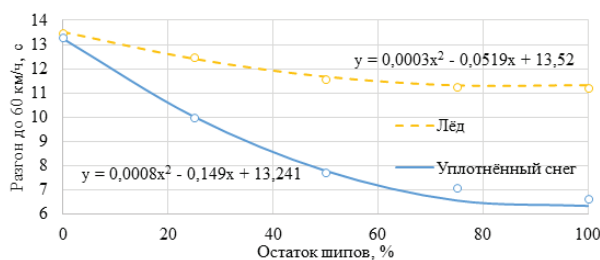


Рисунок 7. Вид зависимости изменения интенсивности ускорения от количества шипов и типа дорожного покрытия на заднем приводе

Источник: разработано авторами

Для полного привода зависимость принимает следующий вид (рисунок 8).

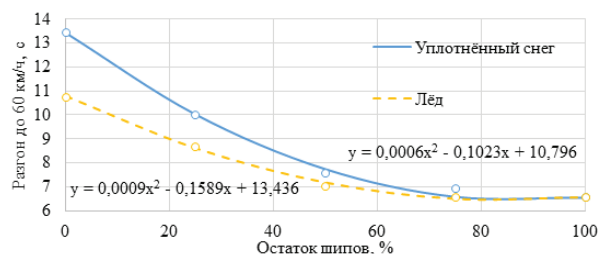


Рисунок 8. Вид зависимости изменения интенсивности ускорения от количества шипов и типа дорожного покрытия на полном приводе

Источник: разработано авторами

В результате анализа зависимостей можно сделать вывод о том, что своевременная дошиповка зимних шипованных шин позволяет значительно снизить тормозной путь и время ускорения, что, в свою очередь, ведёт к снижению утомляемости водителя и повышению топливной экономичности. Но, в настоящее время, предприятия никак не информируют своих клиентов о состоянии их зимних шин даже во время технического обслуживания автомобиля, поэтому многие водители остаются не осведомлены о состоянии своих шин. Это связано с тем, что на предприятиях не существует оптимального метода подсчёта шипов, а предприятия фирменного сервиса оказывают такие услуги только лишь в исключительных случаях и по необоснованной стоимости. При этом в качестве результата предоставляются неструктурированные данные о количестве шипов, без комментариев о том, как это сказывается на поведении автомобиля. В этой связи исследования, направленные на разработку средств автоматизированного подсчёта шипов противоскольжения и корректной интерпретации полученных данных, актуальны для эффективного решения указанной проблемы.

Практическое использование полученных результатов

Разработанные модели позволяют показать, как недостаток шипов влияет на автомобиль, однако для их применения необходимо знать количество шипов на всех шинах автомобиля. В настоящее время некоторые предприятия производят ручной подсчёт шипов, но это ведёт к повышению стоимости услуги и времени ожидания клиента. Более оптимальным является автоматизированный подсчёт, однако на рынке нет таких решений в открытом доступе [1].

Для решения данной проблемы ведётся разработка стенда, который способен в автоматическом режиме осуществлять подсчёт шипов и выводить результат оператору. В настоящее время уже разработан макет такого стенда в масштабе, выполняющий все функции конечного продукта [8] (рисунок 9).

Подсчёт количества шипов при вращении колеса осуществляется на основе инфракрасных датчиков, которые считывают материал шипа с определённой интенсивностью. Полученные данные структурируются в микроконтроллере, который, помимо обработки результатов, отправляет управляющие сигналы на основные исполнительные устройства.

Блок-схема работы показана на рисунке 10.

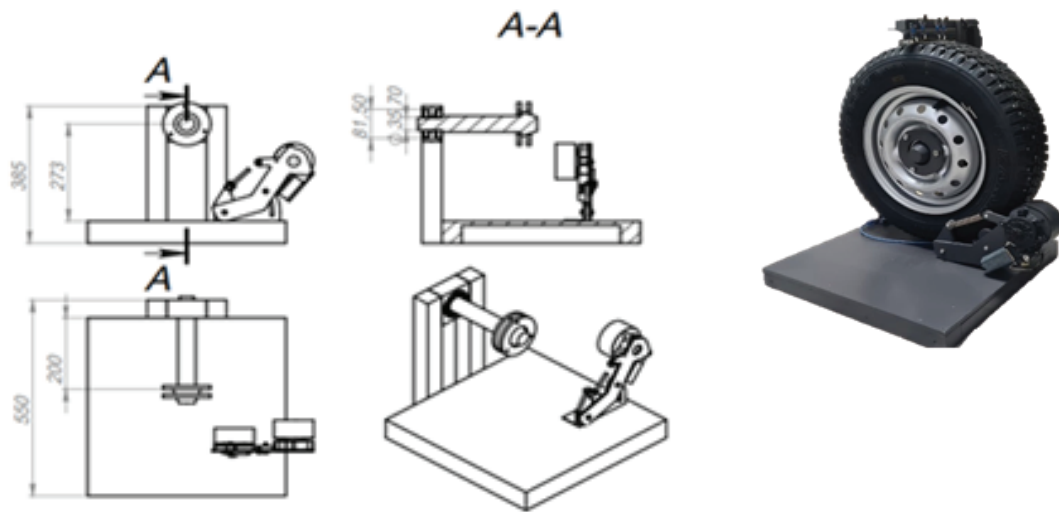


Рисунок 9. Макет станда для автоматического подсчёта шипов.
Источник: разработано авторами



Рисунок 10. Алгоритм работы станда
Источник: разработано авторами

Для подсчёта шипов при помощи стенда оператору необходимо установить колесо на вал, закрепить его, поставить метку и произвести запуск стенда, после чего начинается процесс подсчёта. Датчики фиксируют данные о количестве шипов на основе интенсивности отражения инфракрасных лучей от поверхности шипа. После завершения 1 оборота колеса вращение прекращается и микроконтроллер представляет данные оператору.

Полученные данные оператор подставляет в разработанные модели и предоставляет результат клиенту, на основании чего последний принимает решение о замене или обслуживании шин.

Стенд позволяет снизить трудоёмкость данной операции более чем в 3 раза. Кроме того, трудозатраты сотрудников также снижаются за счёт того, что им не нужно осуществлять ручной подсчёт шипов, а достаточно просто запустить стенд и получить результат. Также, результаты испытаний стенда показали, что точность измерений стенда составляет 95% (отклонение не более 5 шипов).

Заключение

Таким образом, полученные зависимости ускорения и торможения автомобиля на различных дорожных покрытиях, с различным количеством шипов, позволяют оценить работоспособность зимних шипованных шин и определить, при каком количестве шипов дальнейшая эксплуатация шин не рекомендуется. Для определения количества шипов был разработан стенд, который в короткие сроки, с высокой точностью определяет количество шипов и обрабатывает полученные данные для определения необходимости проведения ремонтной ошиповки или замены шин.

Своевременная диагностика шин позволяет водителю принять решение о приобретении новых шин или ремонте старых (проведение ошиповки). Так, например, для полноприводного автомобиля, остаток шипов у которого в среднем составляет 60%, тормозной путь увеличивается менее 1 метра на всех покрытиях, а время ускорения увеличивается менее, чем на пол секунды, что свидетельствует о хорошем состоянии шины. А для заднеприводного автомобиля с остатком шипов 30% и остаточной глубиной протектора не менее 7% тормозной путь увеличивается почти на 2 метра на уплотнённом снегу, время ускорения также увеличивается более, чем на 2 секунды. В данной ситуации водителю рекомендуется провести ошиповку шин, что позволит снизить затраты на эксплуатацию в сравнении с покупкой нового комплекта, а своевременное информирование водителя об опасности передвижения на автомобиле с шинами, количество шипов на которых меньше рекомендуемого значения, позволит снизить вероятность возникновения ДТП, по причине недостаточного сцепления с дорожным покрытием. Практическая значимость разработанного стенда заключается в повышении спроса на диагностику зимних шин не только за счёт снижения себестоимости и значительном сокращении трудозатрат на её выполнение, но и за счёт экономии средств самих автовладельцев на обслуживание и ремонт их шин.

Дальнейшие исследования направлены на сбор, анализ и систематизацию данных для установления параметров математических моделей наиболее популярных типоразмеров автомобильных зимних шин, что позволит масштабировать технологию и снизить её себестоимость за счёт массового применения.

Литература

1. Автономный технологический транспорт для автоматизации технологических процессов на автотранспортных предприятиях и станциях технического обслуживания / Е. С. Козин [и др.] // Транспорт и машиностроение Западной Сибири 2020. – № 1 (13). – С. 16–23.
2. Васильев Ю. Э., Понарин Г. А. Взаимодействие шипованных шин с дорожным покрытием // Строительные материалы. – 2016. – № 12. – С. 60–63.
3. Гулин В. В. Оптимизация технических и технологических параметров ошиповки автомобильных шин: дис. канд. техн. наук: 01.02.2006. Вологда, 2002. – 178 с.
4. Исследование адгезивов резина-металл для восстановления шипов противоскольжения шин / О. Р. Ключников [и др.] // Материалы IX Международной научно-технической конференции. (Казань, 05–07 декабря 2018 г.). – Казань, 2018. – С 314–316.
5. Исследование особенностей износа отверстий под шипы противоскольжения в протекторе ошипованной автомобильной шины / А. Д. Шаратинов [и др.] // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2009. – № 3. – С. 40–44.
6. Исследование процесса высадки двухфланцевых шипов противоскольжения с использованием компьютерного моделирования / В. В. Андреев [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2008. – № 1 (21). – С. 45–49.
7. Кошелёв А. В., Хольшев Н. В. Анализ конструкции зимних шин. Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники (Саратов, 15–16 мая. 2020 г.) – Саратов, 2020. – С. 68–73.
8. Проект масштабной модели автономно управляемого модульного шасси повышенной проходимости многоцелевого назначения / Е. С. Козин [и др.] // Материалы международной научно-практической

конференции молодых исследователей им. Д. И. Менделеева, посвящённой 10-летию института промышленных технологий и инжиниринга. (Тюмень, 22–26 октября 2019 г.) – Тюмень, 2019. – С. 249–252.

9. Разработка адаптивного шипа противоскольжения для шин транспортных средств / И. П. Войку [и др.] // Вестник современных технологий. 2019. – № 4 (16). – С. 9–14.

10. Старостин А. В. Методика оценки и прогнозирования эксплуатационной надёжности ошипованных шин: дис. канд. техн. наук: 05.22.2010. Вологда, 2007. – 170 с.

11. Стратий И. В., Фролов С. А., Степанов А. С. Разработка программы по оптимизации расстановки шипов противоскольжения на протекторе шины // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: XII международная науч.-практич. конф. (Вологда, 19–20 марта. 2015 г.) – Вологда, 2015. – С. 90–95.

12. Улучшение условий труда водителя модернизацией пневматической шины с шипами противоскольжения / Ю. Г. Горшков [и др.] // Научный журнал: Наука, техника и образование. – 2016. – № 3 (7) – С. 64–71.

13. A Mathematical – physical 3D Tire Model for Handling/ F. Mancosu [and others] // Comfort Optimization on a Vehicle: Comparison with Experimental Results. Tire Science and Technology. October 2000. № 28 (4). pp. 210–232.

14. Anderson L. U., Colgan W., Marshal H. P. Physical, thermal, and mechanical properties of snow, ice, and permafrost // Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters. January 2021. pp. 35–71.

15. Makarova A. N., Zakharov N. S. The Regularity Model of the Average Daily Mileage and Trip Length Influence on Actual Frequency of Car Engineering Servicing // IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE. 2019. – pp. 032040.

16. Zakharov N. S., Makarova A. N., Buzin V. A. Basic Simulation Models of Car Failure Flows // IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE. 2020. – pp. 042084.

References

1. Kozin, E. S. (2020) [Autonomous technological transport for the automation of technological processes at motor transport enterprises and service stations]. Transport i mashinostroyeniye Zapadnoy Sibiri [Transport and mechanical engineering of Western Siberia]. Vol. 1 (13), pp. 16–23. (In Russ.).

2. Vasiliev, Yu. E., Ponarin, G. A. (2016) [Interaction of studded tires with road surface]. Stroitel'nyye materialy [Stroitelnyye materialy]. Vol. 12, pp. 60–63. (In Russ.).

3. Gulin, V. V. (2002) Optimizatsiya tekhnicheskikh i tekhnologicheskikh parametrov oshipovki avtomobil'nykh shin. Dis. kand. tekhn. nauk [Optimization of technical and technological parameters of car tire studding: dis. Cand. tech. Sciences]. Vologda, 178 p.

4. Klyuchnikov, O. R. (2018) [Research of rubber-metal adhesives for the restoration of tire anti-skid studs]. Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Materials of the IX International Scientific and Technical Conference]. Kazan, pp. 314–316. (In Russ.).

5. Sharatinov, A. D. (2009) [Investigation of the peculiarities of wear of holes for anti-skid studs in the tread of a studded car tire]. Informatsionnyye tekhnologii v proyektirovanii i proizvodstve [Information technologies in design and production]. Vol. 3, pp. 40–44. (In Russ.).

6. Andreev, V. V. (2008) [Investigation of the process of planting two-flange anti-skid studs using computer modeling]. Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova [Bulletin of the Magnitogorsk State Technical University named after G. I. Nosov]. Vol. 1 (21), pp. 45–49. (In Russ.).

7. Koshelev, A. V., Kholyshev, N. V. (2020) Analiz konstruksii zimnikh shin. Problemy ekonomichnosti i ekspluatatsii avtotraktornoy tekhniki [Analysis of the design of winter tires. Problems of efficiency and operation of automotive vehicles]. Saratov, pp. 68–73. (In Russ.).

8. Kozin, E. S. (2019) [Project of a scale model of an autonomously controlled modular cross-country chassis for multipurpose purposes]. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh issledovateley im. D. I. Mendeleeva, posvyashchonnoy 10-letiyu instituta promyshlennykh tekhnologiy i inzhiniringa [Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Researchers. D. I. Mendeleev, dedicated to the 10th anniversary of the Institute of Industrial Technologies and Engineering]. Tyumen, pp. 249–252.

9. Voiku, I. P. (2019) [Development of an adaptive anti-skid stud for vehicle tires]. Vestnik sovremennykh tekhnologiy [Bulletin of modern technologies]. Vol. 4 (16), pp. 9–14. (In Russ.).

10. Starostin, A. V. (2007) Metodika otsenki i prognozirovaniya ekspluatatsionnoy nadozhnosti oshipovannykh shin. Dis. kand. tekhn. nauk [Methodology for assessing and predicting the operational reliability of studded tires: Dis. Cand. tech. Sciences]. Vologda, 170 p.

11. Stratiy, I. V., Frolov, S. A., Stepanov, A. S. (2015) [Development of a program to optimize the arrangement

of anti-skid studs on the tire tread]. *Sovremennyye instrumental'nyye sistemy, informatsionnyye tekhnologii i innovatsii: XII mezhdunarodnaya nauch.-praktich. konf.* [Modern instrumental systems, information technologies and innovations: XII international scientific-practical. conf.]. Vologda, pp. 90–95. (In Russ.).

12. Gorshkov, Yu. G. (2016) [Improving the driver's working conditions by modernizing pneumatic tires with anti-skid spikes]. *Nauchnyy zhurnal: Nauka, tekhnika i obrazovaniye* [Scientific journal: Science, technology and education]. Vol. 3 (7), pp. 64–71. (In Russ.).

13. A Mathematical-physical 3D Tire Model for Handling / F. Mancosu Comfort Optimization on a Vehicle: Comparison with Experimental Results. *Tire Science and Technology*. October 2000. No. 28 (4). pp. 210–232. (In Engl.).

14. Anderson, L. U., Colgan, W., Marshal, H. P. (2021) Physical, thermal, and mechanical properties of snow, ice, and permafrost. *Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters*. pp. 35–71. (In Engl.).

15. Makarova, A. N., Zakharov, N. S. (2019) The Regularity Model of the Average Daily Mileage and Trip Length Influence on Actual Frequency of Car Engineering Servicing. *IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE*, pp. 032040. (In Engl.).

16. Zakharov, N. S., Makarova, A. N., Buzin, V. A. (2020) Basic Simulation Models of Car Failure Flows. *IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE*. pp. 042084. (In Engl.).

Информация об авторах:

Николай Олегович Сапоженков, кандидат технических наук, доцент кафедры сервиса автомобилей и технологических машин, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия
e-mail: Sapozhenkovn@mail.ru

Вячеслав Сергеевич Петров, студент, направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия
e-mail: Slava99-04@mail.ru

Денис Витальевич Жданов, студент, направление подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия
e-mail: 7895lori@gmail.com

Статья поступила в редакцию: 05.08.2021; принята в печать: 11.11.2021.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors

Nikolay Olegovich Sapozhenkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automotive and Technological Machine Service, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
e-mail: Sapozhenkovn@mail.ru

Vyacheslav Sergeevich Petrov, student, training program 23.03.03 Operation of transport and technological machines and complexes, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
e-mail: Slava99-04@mail.ru

Denis Vitalievich Zhdanov, student, training program 23.03.03 Operation of transport and technological machines and complexes, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
e-mail: 7895lori@gmail.com

The paper was submitted: 05.08.2021.

Accepted for publication: 11.11.2021.

The authors have read and approved the final manuscript.