

Машиностроение и машиноведение

УДК 629.113

doi: 10.18698/0536-1044-2019-6-3-11

Разработка концептуальной модели зимней всепогодной безопасной автомобильной шины

И.В. Балабин¹, О.И. Балабин¹, И.С. Чабунин²¹ Международная научно-техническая конференция производителей и потребителей колесной и шинной продукции² Московское высшее общевойсковое командное училище

The Development of a Concept Model of All-Weather Safe Winter Tires

I.V. Balabin¹, O.I. Balabin¹, I.S. Chabunin²¹ International Scientific and Technical Concern of Manufacturers and Consumers of Wheel and Tire products² Moscow Higher All-Arms Command School

Рассмотрены вопросы повышения безопасности и эффективности эксплуатации мобильной машины в зимних, постоянно изменяющихся температурных и дорожных условиях. Разработана концептуальная модель зимней всепогодной автомобильной шины, способной адаптироваться к разным дорогам: покрытым слоем льда или утрамбованного снега и свободным от снежно-ледяного покрова. Применение таких шин позволит повысить безопасность движения, способствуя увеличению их ресурса и сохранению дорожной сети. Предлагаемая модель не имеет зарубежных аналогов и защищена патентом Российской Федерации.

Ключевые слова: автомобильная шина, зимняя всепогодная шина, шипы противоскольжения, нагрузка на шину, давление в шине, жесткость шины

The article presents issues related to improving safety and efficiency of operation of mobile machines in the constantly changing, winter temperature and traffic conditions. The authors develop a conceptual model of winter all-weather tires able to adapt to various road conditions such as when the road is covered with a layer of ice or compacted snow, or when the road is free from snow and ice. The use of such winter all weather tires will improve the road safety by contributing to increasing the life of tires and preserving the road network. The proposed model has no foreign analogues and is protected by a patent of the Russian Federation.

Keywords: car tire, winter all-weather tire, anti-slip spikes, load on the tire, tire pressure, tire stiffness

В условиях постоянного возрастания скорости и интенсивности движения автомобильного транспорта особую важность приобретает обеспечение его активной безопасности на дорогах разных категорий, в том числе имеющих на поверхности слой снежно-ледяной массы, существенно снижающей сцепные свойства

машины — главного фактора гарантии ее устойчивого управляемого движения.

В связи с этим проведение работ, направленных на повышение надежности сцепления колеса с дорогой, имеет большую значимость, а с учетом смены температурного режима и состояния дорожной поверхности зачастую тре-

бует неординарного подхода к решению данной проблемы.

Цель работы — разработка концептуальной модели зимней всепогодной безопасной автомобильной шины для обеспечения безопасности движения автомобиля в экстремальных зимних условиях, повышения надежности работы шины и шипов противоскольжения, улучшения ресурсосбережения дорожной сети.

Актуальность работы. Безопасность движения автомобильного транспорта всегда будет оставаться актуальной задачей, так как связана с гибелью и травматизмом людей, только в России исчисляемых десятками тысяч убитых и сотнями тысяч получивших травмы и потерявших трудоспособность. Так, в 2018 г. в нашей стране в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) погибли 18214 и ранены 214853 чел., а за первые четыре месяца 2019 г. погибли 4000 и получили травмы 54847 чел. [1].

Согласно статистическим данным, скользкое покрытие и плохое содержание дорог в зимнее время входят в первую тройку причин ДТП, связанных с дорожными условиями [2]. По мере возрастания интенсивности движения эта проблема обостряется, приобретая особую важность в экстремальных зимних условиях эксплуатации, характеризующихся наличием замерзших осадков на поверхности дороги и ограниченной видимости и требующих повышенной бдительности от водителей и строго контролируемого скоростного режима.

В этих условиях сцепление колеса с дорогой приобретает первостепенное значение среди прочих факторов безопасности движения [3], так как от него зависит реализация тяговых возможностей, устойчивость, управляемость и, что самое главное, тормозная динамика автомобиля [4, 5] как наиболее частая причина ДТП.

При разработке конструктивных мер, направленных на обеспечение безопасности движения, одним из основополагающих факторов является надежное сцепление колеса с дорогой, по крайней мере, снижающего до минимума риск потери управляемости движения в скоростном потоке, особенно на городских дорогах. Изучению сцепных свойств шин с опорными поверхностями посвящено много работ, в частности [2, 6–9].

Постановка задачи. При разработке концепции зимней шины основным требованием, которому должны быть подчинены другие, является без-

опасность, особенно в условиях, когда дорога, покрытая слоем тающего льда, имеет практически нулевой коэффициент сцепления. Самым надежным средством, исключаяющим скольжение шины, служат шипы противоскольжения (ШП) [10], безальтернативность которых подтверждена практикой эксплуатации и результатами экспериментов, приведенных далее.

В целях определения эффективности шипованных шин на заснеженной, заледенелой и чистой асфальтобетонных дорогах были проведены испытания на Автополигоне НАМИ. Для этого на динамометрической дороге (прямой в плане, горизонтальной) были подготовлены участки, покрытые укатанным снегом, слоем льда и свободные от снежно-ледяного слоя (чистые). В испытаниях участвовали зимние шипованные и нешипованные шины.

На дороге, покрытой ледяным слоем, шипованные шины обеспечили качественно лучшие результаты во всех режимах движения, включая разгон, равномерное перемещение и торможение с различной интенсивностью. На участке с укатанным снегом шипованные и нешипованные шины показали практически одинаковые результаты, так как характер сцепления определял рисунок протектора, наличие же шипов никак не проявилось. На чистом участке показатели нешипованных шин оказались лучше, чем у шипованных, так как коэффициент сцепления твердосплавных шипов несколько меньше, чем у резины.

Эти испытания позволили сделать вывод о безусловной эффективности шипованных шин на ледяной поверхности, о бесполезности шипов на участках, покрытых укатанным снегом, и о несколько худших показателях на чистой дороге.

Если рассмотреть взаимодействие шины с поверхностью дороги, покрытой слоем тающего льда, схематически показанное на рис. 1, то становится ясно, что практически все меры, включая рисунок протектора, состав его резиновой смеси и так называемый липучий протектор [11] оказываются бессильными, если между шиной и ледяной поверхностью образовалась водяная пленка.

Чтобы обеспечить в этих условиях сцепление колеса с дорогой, необходимо преодолеть водяной слой и внедрить жесткое тело в дорожную поверхность, что достигается применением ШП. Попытка обойтись «липкостью» протектора без шипов заранее обречена на не-

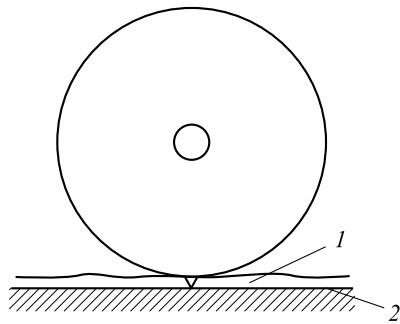


Рис. 1. Взаимодействие шины с поверхностью дороги, покрытой слоем тающего льда:

1 — водяная пленка; 2 — лед

удачу. Это ясно каждому специалисту, и рассчитано на дилетантов как рекламный ход.

Однако насколько ШП эффективны на ледяной поверхности, настолько же они бесполезны и даже вредны на чистой дороге. Это объясняется несколькими причинами, включая вред, который причиняется самой шине в части интенсивного износа, расшатывания и выпадения шипов и, как следствие утраты их работоспособности. Но не меньший ущерб наносится и дороге [12]: ее поверхность испытывает концентрические удары твердосплавных шипов и приходит в негодность.

В некоторых европейских странах с более мягким, чем в России, климатом, использование ШП запрещено в целях ресурсосбережения дорожной сети. В то же время в скандинавских странах — родине таких шипов, как и в России, ШП рекомендованы для зимней эксплуатации. В настоящее время для минимизации вреда, наносимого шипами дорожной сети, проводятся работы по определению их минимального количества, допустимого по условиям безопасности. По нашему мнению, это занятие не имеет перспективы, поскольку предполагаемый выигрыш в ресурсосбережении дорог не может быть принесен в жертву безопасности.

Таким образом, при разработке концепции безопасной шины в основу должна быть положена шипованная шина, что эффективно решает проблему безопасности на заледенелых дорогах. Что касается того периода, когда дорога пребывает свободной от ледяного покрова, то шипы должны быть выключены из взаимодействия с ее поверхностью. Следовательно, задача состоит из двух противоположных условий, что на первый взгляд исключает традиционное решение.

Теоретическая часть. Чтобы успешно решить поставленную задачу, необходимо найти меха-

низм адаптации шины к дорожным условиям. Такой механизм был подсказан самой шиной, представляющей собой эластичную пневматическую оболочку. При взаимодействии с жесткой опорной плоскостью эта оболочка изменяет положение равнодействующей сил, перераспределяя ее положение между центром при повышении жесткости и периферией в случае снижения данного параметра, увеличивая при этом контактную площадь [13, 14].

Это положение, широко известное специалистам, используется для шин переменного давления [15–17]. В частности, при преодолении труднопроходимых участков уменьшается внутреннее давление в шине, вследствие чего становится больше ее опорная площадь, снижается жесткость центральной части беговой дорожки протектора и увеличивается жесткость крайних зон контакта шины, куда и смещается равнодействующая контактных усилий. При этом более мягкая центральная часть шины в меньшей степени деформирует колею, а более жесткая контактирующая часть по краям препятствует выдавливанию грязи из-под колес, что способствует повышению проходимости.

Следовательно, регулируя внутреннее давление воздуха в шине и таким образом варьируя ее жесткость, можно сосредоточивать равнодействующую контактных усилий либо в центре при некотором увеличении этого давления, либо на периферии беговой дорожки протектора при снижении этого параметра.

Именно это свойство было положено в основу создания концептуальной модели зимней всепогодной безопасной шины автомобильного колеса. Тогда, располагая ШП там, где они наиболее эффективны (т. е. в крайних, наиболее жестких зонах беговой дорожки, как показано на рис. 2), можно создать механизм адаптации



Рис. 2. Расположение шипов в крайних зонах беговой дорожки шины

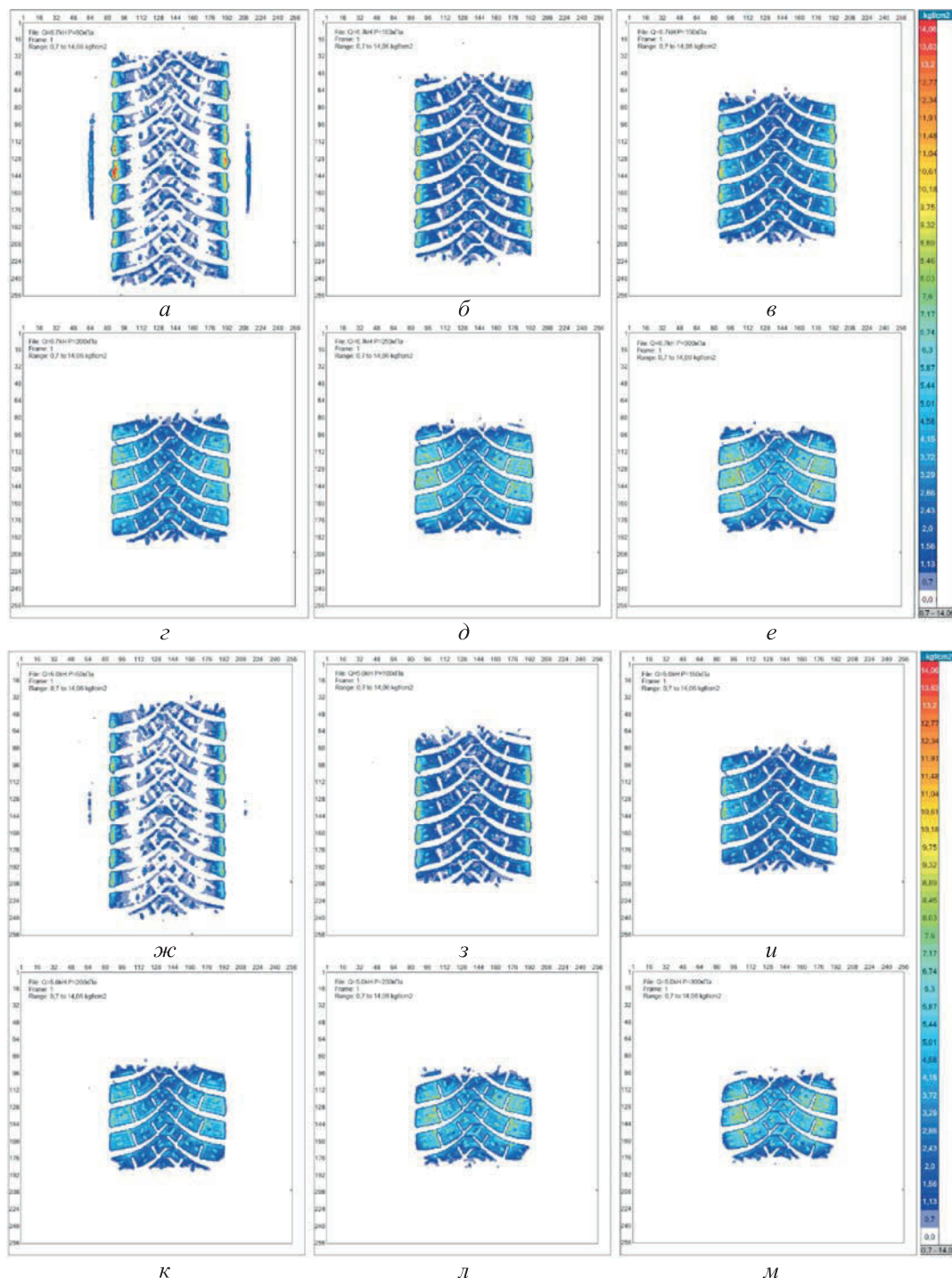


Рис. 3. Распределения давления, кгс/см², в контакте шины 205/55R16 с опорным основанием, при нагрузке $P = 6,7$ (а–е) и $5,0$ кН (ж–м) и различных значениях внутреннего давления воздуха в шине:

а, ж — $p_{\text{вн}} = 50$ кПа; б, з — $p_{\text{вн}} = 100$ кПа; в, и — $p_{\text{вн}} = 150$ кПа; г, к — $p_{\text{вн}} = 200$ кПа;
 д, л — $p_{\text{вн}} = 250$ кПа; е, м — $p_{\text{вн}} = 300$ кПа

шины к дорожным условиям. Шипы будут либо включаться в работу при наличии ледяного слоя на дороге, понижая давление воздуха в шине на $0,01 \dots 0,02$ МПа, либо выключаться из работы, если дорога сухая, путем повышения этого давления на указанное значение.

Исследования контактного взаимодействия шины радиальной конструкции 205/55R16 проведено на Ярославском шинном заводе под руководством Ю.В. Кремлева с помощью специальной лабораторной установки XSENSOR Technology Corporation. Эксперименты выпол-

нены в диапазоне внутреннего давления в шине $p_{\text{вн}} = 50 \dots 300$ кПа с шагом 50 кПа при нагрузке $P = 6,7$ и $5,0$ кН, что соответствует полной и снаряженной массе автомобиля, приходящейся на колесо. Полученные распределения давления в контакте шины 205/55R16 с опорным основанием приведены на рис. 3, а-м.

Анализ полученных результатов показал, что варьирование нагрузки P несущественно отражается на характере изменения контактной площади, которая, как и следовало ожидать, несколько возрастает с увеличением нагрузки. При этом влияние внутреннего давления воздуха в шине существенно повышается вследствие изменения длины площади контакта, прирастая на каждые 50 кПа уменьшения давления воздуха примерно на 15...20 %.

Применение для испытаний шин установки XSENSOR, построенной на принципе цветовой идентификации измеряемого давления в контакте шины, не позволило получить точное количественное значение этого параметра. Тем не менее, результаты эксперимента дают возможность довольно точно оценить качественную картину распределения давления в контакте, а также подтвердить факт перераспределения контактных усилий в зависимости от внутреннего давления воздуха в шине, сосредоточивая их равнодействующую либо в центральной части контактной площади при повышении давления воздуха, либо на периферии при его уменьшении.

Снижение давления воздуха в шине сопровождается ростом площади контакта, что следует рассматривать как положительный фактор, способствующий увеличению сцепной площади шины, количества шипов, входящих в зацепление с дорогой, а следовательно, и суммарной сцепной силы колеса. Согласно результатам эксперимента, указанные закономерности проявляются как при максимальной нагрузке, так и при частичной, утверждая инвариантность свойств шины перераспределять удельные силы в контакте шины между центральным и периферийными участками беговой дорожки протектора независимо от нагрузки на колесо.

Кроме того, полученные данные позволяют рекомендовать снижать внутреннее давление воздуха в шинах при эксплуатации на скользких зимних дорогах, повышая тем самым их сцепные возможности и безопасность движения.

Результаты компьютерных исследований шины радиальной конструкции 175/70R13,

проведенных под руководством профессора С.Л. Соколова, приведены на рис. 4. Здесь показано распределение контактного давления по ширине отпечатка шины 175/70R13 при внутреннем давлении $p_{\text{вн}} = 0,25$ и $0,40$ МПа и нагрузке на колесо, соответствующей полной массе автомобиля.

Как показывает анализ кривой 1 (см. рис. 4, а) при внутреннем давлении $p_{\text{вн}} = 0,25$ МПа распределение контактного давления по ширине отпечатка шины имеет более или менее равномерный характер, в том числе и в крайних зонах протектора, несущих ШП. При повышении внутреннего давления воздуха в шине наблюдается увеличение контактного давления в средней части беговой дорожки протектора и его существенное снижение (практически до нуля) в крайних зонах, полностью освобождая их от контакта с опорной поверхностью.

Анализ результатов исследований (см. рис. 4, б, в) однозначно подтвердил присущее всем эластичным пневматическим оболочкам свойство шин распределять контактное давление по опорной плоскости в зависимости от жесткости. Регулируя жесткость изменением внутреннего давления, можно целенаправленно сосредоточивать усилия взаимодействия либо в центре беговой дорожки протектора (при повышенном давлении), либо в ее крайних зонах (при пониженном давлении), что открывает возможность разработки концепции всепогодной адаптируемой к дорожным условиям зимней шины.

Практическая значимость. Проведенный цикл исследований позволяет сформировать концептуальную модель всепогодной безопасной шины, способной адаптироваться к различным дорожным условиям, обеспечивая реализацию оптимальных ходовых качеств мобильной машины. Эта шина будет иметь преимущества перед аналогами как на дорогах, покрытых снежно-ледяным слоем (за счет шипов), так и на чистых (благодаря возможности взаимодействовать с дорожным покрытием той частью беговой дорожки протектора, на которой отсутствуют ШП).

Инструмент адаптации шины к состоянию дорожной поверхности позволяет либо использовать шипы, либо выключать их из зацепления путем регулирования внутреннего давления воздуха в шине. В связи с этим возникает вопрос, как может отразиться изменение внут-

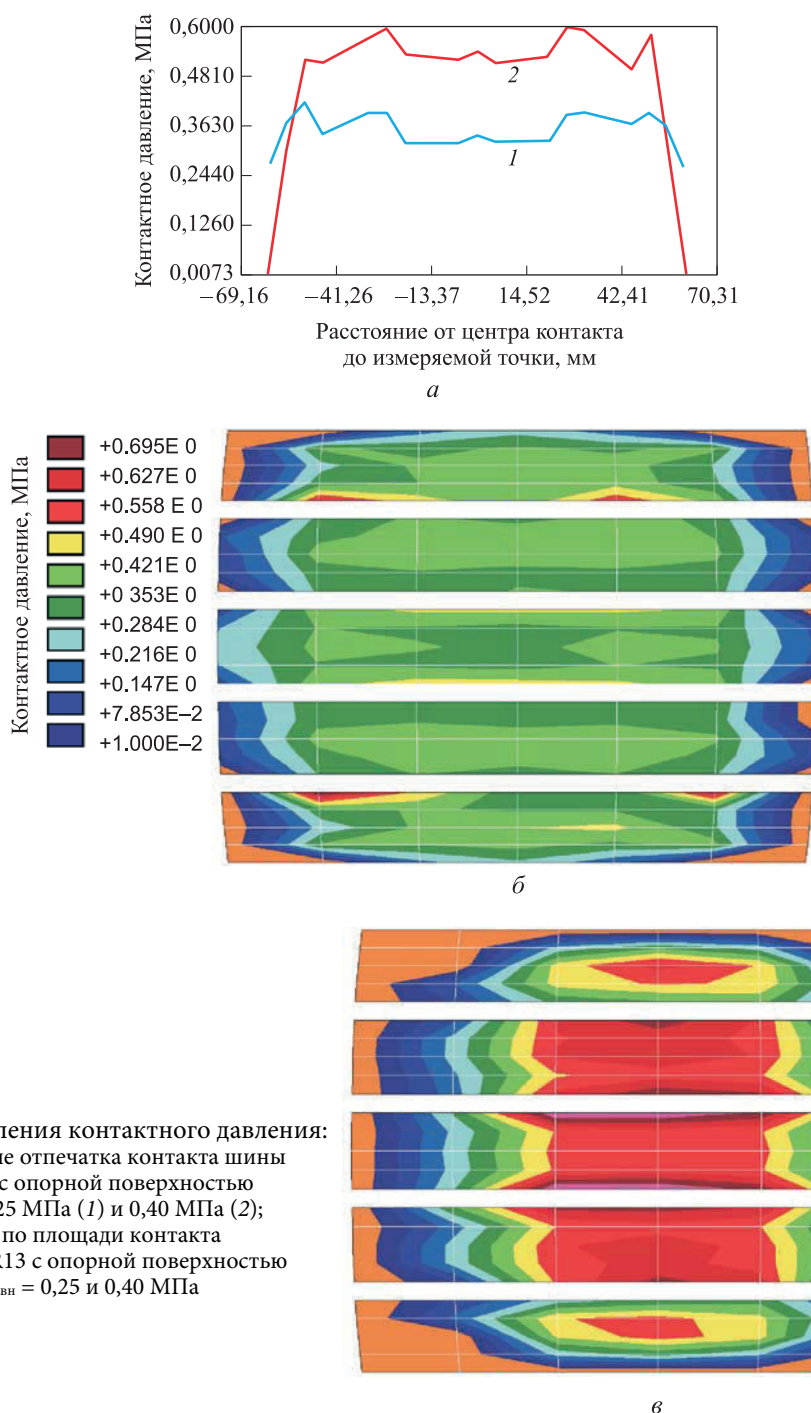


Рис. 4. Распределения контактного давления:
 а — по ширине отпечатка контакта шины 175/70R13 с опорной поверхностью при $p_{вн} = 0,25$ МПа (1) и 0,40 МПа (2);
 б и в — по площади контакта шины 175/70R13 с опорной поверхностью при $p_{вн} = 0,25$ и 0,40 МПа

ренного давления воздуха в шинах на ходовых качествах мобильной машины и параметров пневматических шин.

Известно, что снижение давления воздуха в шине приводит к росту ее температуры в результате повышенной деформации, и, как следствие, к увеличению сопротивления качению [18]. При анализе зависимости ходовых качеств машины и параметров шины от этих факторов, необходимо учитывать их количественное значение, принимая во внимание, что отрицательная температу-

ра окружающей среды, хоть и существенно влияет на работающую шину, но не позволяет превысить ее критическую отметку для жаркой летней погоды. По этой причине не следует ожидать и заметного повышения сопротивления качению, тем более, если учесть ограниченный скоростной режим движения в зимнее время, обусловленный соображениями безопасности.

Можно также обоснованно предположить серьезное отрицательное влияние перечисленных факторов на ресурс шины [18, 19]. Но, как

известно, ресурс зимней шипованной шины определяется отнюдь не ходимостью ее протектора, а стойкостью шипов, которых обычно хватает не более чем на две–три зимы, после чего их утилизируют при практически неизменном протекторе.

Повышение внутреннего давления воздуха в шине, к которому рекомендовано прибегнуть для выведения из работы ШП, приводит к увеличению жесткости шины и сокращению площади беговой дорожки, что должно отрицательно сказываться на интенсивности износа шины и снижать ее ресурс. Можно предположить, что это также не окажет существенного негативного влияния согласно рассуждениям, изложенным ранее. При этом ожидается, что в результате уменьшения интенсивности деформационного режима, по крайней мере, не изменится значение сопротивления качению.

При оценке влияния повышенной жесткости шин на виброакустический режим мобильной машины [20] также необходимо учитывать количественный аспект. Как известно, при высокой скорости движения транспортного средства внутреннее давление воздуха в шинах рекомендовано увеличивать [21] для снижения

интенсивности нагрева обычных летних шин, и, соответственно, интенсивности деформаций от возросшего динамического фона.

Выводы

1. Все изложенные соображения основаны на логическом посыле и обоснованы накопленным опытом эксплуатации, равно как и законами механики. Чтобы составить точное представление о рабочем процессе предлагаемой зимней всепогодной безопасной пневматической шины, необходимо осуществить следующий этап разработки данного проекта, экспериментируя на реальных моделях. Это позволит уточнить некоторые положения и создать конструкторско-технологическую документацию для серийного производства такого изделия.

2. Предлагаемое перспективное решение, защищенное патентом РФ [22], не имеет зарубежных аналогов и гарантирует коммерческий успех на международном рынке. Это решение будет способствовать повышению безопасности эксплуатации в экстремальный зимний период и обеспечит финансовое предпочтение для пользователей, увеличив ресурс зимних шипованных шин.

Литература

- [1] Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения 27 мая 2019).
- [2] Балакина Е.В., Кочетков А.В. *Коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием*. Москва, Инновационное машиностроение, 2017. 292 с.
- [3] Степанов А.С., Шаратинов А.Д., Старостин А.В. Исследование влияния технологии установки шипов противоскольжения на эксплуатационные свойства ошипованной шины. *Конструкции из композиционных материалов*, 2007, № 4, с. 104–107.
- [4] Тарасик В.П. *Теория движения автомобиля*. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2006. 478 с.
- [5] Умняшкин В.А., Филькин Н.М., Музафаров Р.С. *Теория автомобиля*. Ижевск, Изд-во ИжГТУ, 2006. 272 с.
- [6] Барашков А.А., Балакина Е.В., Кристальный С.Р., Попов Н.В., Фомичев В.А. Расчет ф-с диаграмм для шипованных шин. *Автомобильная промышленность*, 2014, № 9, с. 21–23.
- [8] Кристальный С.Р., Попов Н.В., Фомичев В.А. Проблемы функционирования антиблокировочных систем автомобилей, оснащенных средствами противоскольжения. *Вестник МАДИ*, 2012, вып. 2 (29), с. 10–17.
- [9] Чудакова Н.В. Экспериментальное исследование установившегося замедления автомобиля при эксплуатации зимних шин. *Вестник гражданских инженеров*, 2016, № 2(55), с. 246–251.
- [10] ГОСТ Р 52747–2007. *Автомобильные транспортные средства. Шипы противоскольжения. Общие технические условия*. Москва, Стандартинформ, 2007.
- [11] Зимняя резина. Что лучше липучка или шипы? URL: <https://www.drive2.com/b/1384545> (дата обращения 16 декабря 2017).

- [12] Степанов А.С., Старостин А.В. Технико-экономические аспекты применения шипов противоскольжения. *Автотранспортное предприятие*, 2007, № 2, с. 36–41.
- [13] Кленников Е.В. *Шины легковых автомобилей*. Москва, Транспорт, 1979. 48 с.
- [14] Раймпель Й. *Шасси автомобиля*. Москва, Машиностроение, 1986. 320 с.
- [15] Ларин В.В. *Теория движения полноприводных колесных машин*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 391 с.
- [16] Острцов А.В., Красавин П.А., Воронин В.В. *Шины и колеса автомобилей и тракторов*. Москва, МГТУ «МАМИ», 2011. 85 с.
- [17] Афанасьев Б.А., Белоусов Б.Н., Жеглов Л.Ф., Зузов В.Н., Полунгян А.А., Фоминых А.Б., Цыбин В.С. *Проектирование полноприводных колесных машин. Т. 2*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 640 с.
- [18] Кнороз В.И., Кленников Е.В., Петров И.П., Шелухин А.С., Юрьев Ю.М. *Работа автомобильной шины*. Москва, Транспорт, 1976. 238 с.
- [19] Гуслицер Р.Л. *Шина и автомобиль*. Москва, НИЦ «НИИШП», 2017. 287 с.
- [20] Васильев Ю.Э., Беляков А.Б., Субботин И.В., Малофеев А.С. Исследование шума в ультразвуковом диапазоне при движении шипованной шины на стенде «Карусель». *Интернет-журнал «Науковедение»*, 2013, № 4(17). URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/40tvn413.pdf> (дата обращения 15 декабря 2018).
- [21] Есеновский-Лашков М.Ю., Красавин П.А., Маланин И.А., Смирнов А.О. Разработка алгоритма управления давлением воздуха в шинах автомобилей. *Журнал ААИ*, 2014, № 4, с. 52–56.
- [22] Балабин И.В. *Всесезонная пневматическая шина автомобильного колеса*. Патент РФ 2564790, 2015, бюл. № 28.

References

- [1] *Svedeniya o pokazatelyakh sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [Information on road safety indicators]. Available at: <http://stat.gibdd.ru/> (accessed 27 May 2019).
- [2] Balakina E.V., Kochetkov A.V. *Koehffitsient stsepleniya shiny s dorozhnym pokrytiem* [The coefficient of adhesion of the tire with the road surface]. Moscow, Innovatsionnoe mashinostroenie publ., 2017. 292 p.
- [3] Stepanov A.S., Sharatinov A.D., Starostin A.V. Investigation of the influence of the installation of anti-skid studs on the performance properties of studded tires. *Structures made of composite materials*, 2007, no. 4, pp. 104–107.
- [4] Tarasik V.P. *Teoriya dvizheniya avtomobilya* [Theory of car movement]. Sankt-Petersburg, BKHV-Peterburg publ., 2006. 478 p.
- [5] Umnyashkin V.A., Fil'kin N.M., Muzafarov R.S. *Teoriya avtomobilya* [Car theory]. Izhevsk, IzhSTU publ., 2006. 272 p.
- [6] Barashkov A.A., Balakina E.V., Kristal'nyy S.R., Popov N.V., Fomichev V.A. Calculation ϕ -s diagrams for tyres with thorns on the basis of generalization of results experiments. *Automotive Industry*, 2014, no. 9, pp. 21–23 (in Russ.).
- [8] Kristal'nyy S.R., Popov N.V., Fomichev V.A. Problems of functioning of anti-lock systems of cars equipped with anti-skid. *Vestnik MADI*, 2012, iss. 2(29), pp. 10–17 (in Russ.).
- [9] Chudakova N.V. Pilot study of the steady deceleration of the vehicle at the operation of winter tires. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2016, no. 2(55), pp. 246–251 (in Russ.).
- [10] *State Standard R 52747-2007. Vehicles. Antiskid studs. General specifications*. Moscow, Standartinform publ., 2007.
- [11] Available at: <https://www.drive2.com/b/1384545> (accessed 16 Decembers 2017).
- [12] Stepanov A.S., Starostin A.V. Technical and economic aspects of the use of anti-skid spikes. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2007, no. 2, pp. 36–41 (in Russ.).
- [13] Klennikov E.V. *Shiny legkovykh avtomobiley* [Passenger car tires]. Moscow, Transport publ., 1979. 48 p.
- [14] Raympel' Y. *Shassi avtomobilya* [Car chassis]. Moscow, Mashinostroenie publ., 1986. 320 p.

- [15] Larin V.V. *Teoriya dvizheniya polnoprivodnykh kolesnykh mashin* [Theory of motion of all-wheel drive wheeled vehicles]. Moscow, Bauman Press, 2010. 391 p.
- [16] Ostretsov A.V., Krasavin P.A., Voronin V.V. *Shiny i kolesa avtomobiley i traktorov* [Tires and wheels of cars and tractors]. Moscow, MGTU "MAMI" publ., 2011. 85 p.
- [17] Afanas'ev B.A., Belousov B.N., Zheglov L.F., Zuzov V.N., Polungyan A.A., Fominykh A.B., Tsybin V.S. *Proektirovanie polnoprivodnykh kolesnykh mashin* [Design of all-wheel drive wheeled vehicles]. Vol. 2. Moscow, Bauman Press, 2000. 640 p.
- [18] Knoroz V.I., Klennikov E.V., Petrov I.P., Shelukhin A.S., Yur'ev Yu.M. *Rabota avtomobil'noy shiny* [Car tire operation]. Moscow, Transport publ., 1976. 238 p.
- [19] Guslitser R.L. *Shina i avtomobil'* [Tire and car]. Moscow, NITS "NIISHP" publ., 2017. 287 p.
- [20] Vasil'ev Yu.Eh., Belyakov A.B., Subbotin I.V., Malofeev A.S. Studded tire ultrasound noise investigation on "Karusel" test site. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»*, 2013, no. 4(17) (In Russ.). Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/40tvn413.pdf> (accessed 15 December 2018).
- [21] Esenovskiy-Lashkov M.Yu., Krasavin P.A., Malanin I.A., Smirnov A.O. Development of an algorithm for controlling air pressure in automobile tires. *Zurnal AAI*, 2014, no. 4, pp. 52–56 (in Russ.).
- [22] Balabin I.V. *Vsezonnaya pnevmaticheskaya shina avtomobil'nogo kolesa* [All-season Pneumatic Car Wheel Tire]. Patent RF no. 2564790, 2015.

Статья поступила в редакцию 22.02.2019

Информация об авторах

БАЛАБИН Игорь Венедиктович — доктор технических наук, профессор, президент Международного научно-технического концерна производителей и потребителей колесной и шинной продукции (105318, Москва, Российская Федерация, Измайловское шоссе, д. 24, корп. 1, каб. 4, e-mail: tchabunin@rambler.ru).

БАЛАБИН Олег Игоревич — кандидат технических наук, доцент. Международный научно-технический концерн производителей и потребителей колесной и шинной продукции (105318, Москва, Российская Федерация, Измайловское шоссе, д. 24, корп. 1, каб. 4, e-mail: tchabunin@rambler.ru).

ЧАБУНИН Игорь Сергеевич — кандидат технических наук, доцент кафедры «Общепрофессиональных дисциплин». Московское высшее общевойсковое командное училище (109380, Москва, Российская Федерация, ул. Головачева, д. 2, e-mail: tchabunin@rambler.ru).

Information about the authors

BALABIN Igor Venediktovich — Doctor of Science (Eng.), Professor, President. International Scientific and Technical Concern of Manufacturers and Consumers of Wheel and Tire products (105318, Moscow, Russian Federation, Izmailovskoye Shosse, Bldg. 24, Block 1, Office 4, e-mail: tchabunin@rambler.ru).

BALABIN Oleg Igorevich — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor. International Scientific and Technical Concern of Manufacturers and Consumers of Wheel and Tire products (105318, Moscow, Russian Federation, Izmailovskoye Shosse, Bldg. 24, Block 1, Office 4, e-mail: tchabunin@rambler.ru).

CHABUNIN Igor Sergeevich — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of General Professional Disciplines. Moscow Higher All-Arms Command School (105318, Moscow, Russian Federation, Golovacheva St., Bldg. 2, e-mail: tchabunin@rambler.ru).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Балабин И.В., Балабин О.И., Чабунин И.С. Разработка концептуальной модели зимней всепогодной безопасной автомобильной шины. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2019, № 6, с. 3–11, doi: 10.18698/0536-1044-2019-6-3-11

Please cite this article in English as:

Balabin I.V., Balabin O.I., Chabunin I.S. The Development of a Concept Model of All-Weather Safe Winter Tires. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*, 2019, no. 6, pp. 3–11, doi: 10.18698/0536-1044-2019-6-3-11