

Расчет и конструирование Calculation and design

Обзорная статья
УДК 629.03
DOI: 10.14529/engin260101

АНАЛИЗ ПАТЕНТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И НАПРАВЛЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ШИН НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Р.А. Закиров, *zakirovra@susu.ru*

Ю.М. Землянский, *zem.yuriy4612@mail.ru*

А.В. Никонов, *nikonovav@susu.ru*

С.М. Таран, *taransm@susu.ru*

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Улучшение проходимости колесных транспортных средств, являющееся одной из основных задач современного транспортного машиностроения, в значительной мере определяется конструкцией шин. В этой связи представляют интерес современные тенденции совершенствования конструкций шин автомобильной техники на примере патентования технических решений. Статья посвящена патентным исследованиям технических решений конструкции шин низкого давления колесных транспортных средств. Цель – анализ технических решений конструкций шин низкого давления с выявлением доминирующих направлений совершенствования. В результате установлено, что патентные технические решения в основном рассматривают размеры и формы поперечного сечения шины, конфигурации и размеры рисунка протектора, показатели давления воздуха в шине, материал и число слоев корда, качество резины. Представленная информация свидетельствует о том, что большинство (71 %) заявленных технических решений направлено на совершенствование элементов протектора широкопрофильных шин низкого давления и только около одной трети (29 %) – на совершенствование формы и внутреннего устройства. Несмотря на то, что показатель грузоподъемности является одной из основных характеристик грузовых шин, количество патентов по нему весьма незначительно. Технические решения в части характеристик применяемой резиновой смеси при производстве шин направлены в основном на снижение гистерезисных потерь и термостойкость, повышение прочности, сокращение сырья нефтяного происхождения, улучшение износостойкости и сцепления с мокрым, обледенелым и заснеженным дорожным покрытием. Существенная часть технических патентных решений по оптимизации конструкции широкопрофильных шин низкого и сверхнизкого давления указывают на то, что они в значительной степени преследуют маркетинговые цели.

Ключевые слова: шины низкого давления, патентные исследования, технические решения, направления совершенствования

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта в форме субсидии на реализацию научно-технических проектов Челябинской области, включенных в перечень проектов Уральского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня «Передовые производственные технологии и материалы». Соглашение № 184/8 от 25.12.2024.

Для цитирования: Анализ патентных технических решений и направлений совершенствования конструкций шин низкого давления / Р.А. Закиров, Ю.М. Землянский, А.В. Никонов, С.М. Таран // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2026. Т. 26, № 1. С. 5–15. DOI: 10.14529/engin260101

ANALYSIS OF PATENT TECHNICAL SOLUTIONS AND DIRECTIONS FOR IMPROVING LOW-PRESSURE TIRE CONSTRUCTIONS

R.A. Zakirov, zakirovra@susu.ru
Yu.M. Zemlyanskiy, zem.yuriy4612@mail.ru
A.V. Nikonov, nikonovav@susu.ru
S.M. Taran, taransm@susu.ru
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Improving the cross-country ability of wheeled vehicles, which is one of the main tasks of modern transport engineering, is largely determined by the design of tires. In this regard, modern trends in improving the design of tires of automotive equipment are of interest, using the example of patenting technical solutions. The article is devoted to patent studies of technical solutions for the design of low-pressure tires of wheeled vehicles. The goal is to analyze the technical solutions of low-pressure tire designs and identify the dominant areas of improvement. As a result, it has been found that the patent solutions mainly consider the dimensions and shapes of the cross section of the tire, the configurations and dimensions of the tread pattern, the air pressure indicators in the tire, the material and the number of cord layers, and the quality of rubber. The information provided indicates that the majority (71 %) of the declared technical solutions are aimed at improving the tread elements of low-pressure wide-profile tires and only about one third (29 %) at improving the shape and internal structure. Despite the fact that the load capacity indicator is one of the main characteristics of truck tires, the number of patents for it is very small. The technical solutions, in terms of the characteristics of the rubber composition used in the production of tires, are mainly aimed at reducing hysteresis losses and heat resistance, increasing strength, reducing raw materials of petroleum origin, improving wear resistance and adhesion to wet, icy and snow-covered road surfaces. A significant part of technical patent solutions for optimizing the design of wide-profile low and ultra-low pressure tires indicate that they largely pursue marketing goals.

Keywords: low-pressure tires, patent research, technical solutions, directions for improvement

Acknowledgement. The research was conducted with the help of a grant in the form of a subsidy for the implementation of scientific and technical projects in the Chelyabinsk Region included in the list of projects of the Ural Interregional Scientific and Educational Centre of World Level 'Advanced Production Technologies and Materials'. Agreement No. 184/8 dated 25 December 2024.

For citation: Zakirov R.A., Zemlyanskiy Yu.M., Nikonov A.V., Taran S.M. Analysis of patent technical solutions and directions for improving low-pressure tire constructions. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2026:26(1):5–15. (In Russ.) DOI: 10.14529/engin260101

Введение

Повышение проходимости колесных транспортных средств является одной из основных задач современного транспортного машиностроения. Размер и конструкция колес в значительной степени определяют опорную проходимость автомобиля [1]. В частности, решение задачи опорной проходимости связано с уменьшением величины удельного давления в контакте колеса с грунтом за счет применения шин низкого и сверхнизкого давления. В этой связи представляют интерес современные тенденции совершенствования конструкций шин данного типа на примере патентования технических решений.

Цель работы – анализ технических решений конструкций шин низкого давления (ШНД) с выявлением доминирующих направлений совершенствования.

Особенности технических решений конструкций шин

Определение конструктивных особенностей технических решений и направлений совершенствования ШНД проведено на основе патентных исследований глубиной 25 лет. В процессе ис-

следования рассмотрены 43 патента [2–44], систематизированных по срокам публикаций. Для примера представлены некоторые типичные технические решения ШНД.

RU124632U1 Шина сверхнизкого давления [2]

Техническое решение относится к силовым элементам пневматических шин сверхнизкого давления, предназначенным для использования на вездеходных транспортных средствах.

Задача – повысить надежность шины.

Для этого шина сверхнизкого давления (рис. 1), содержащая борта с каркасными кольцами, боковые стенки и беговую часть с протектором, имеющим каркас из корда, завернутый на упомянутые каркасные кольца, снабжена одним или двумя слоями, расположенными между протектором и каркасом.

Снабжение шины одним или двумя слоями корда, расположенными между протектором и каркасом, позволяет достичь технического результата, а именно повысить надежность шины, поскольку расположение между протектором и каркасом одного или двух слоев препятствует образованию проколов в наиболее подверженных этому явлению плечевых и беговых зонах шины, что повышает функциональные возможности шины.

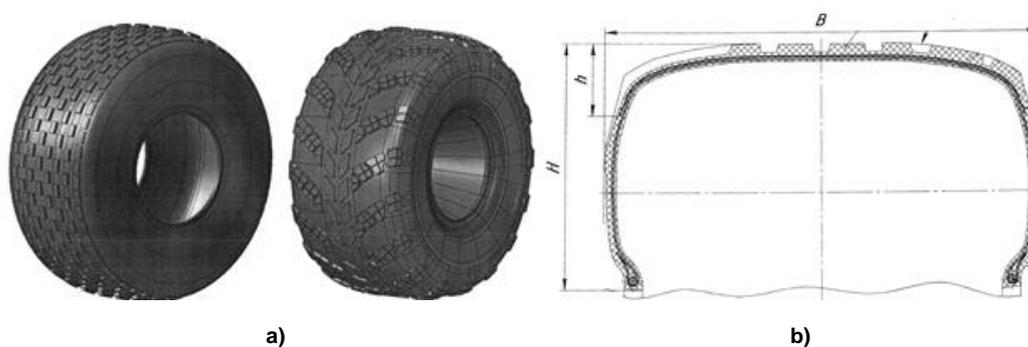


Рис. 1. Шина сверхнизкого давления: а – общий вид; б – профиль шины в меридиональном сечении
Fig. 1. Ultra-low-pressure tire: a – general view; b – tire profile in a meridional section

Этому же способствует то, что слой располагается по всей ширине профиля с напуском на боковые стенки на величину 0,1–0,5 высоты профиля шины. Такое расположение слоя сохраняет высокую эластичность шины, что позволяет ей обтекать неровности, не деформируя поверхность.

Дополнительно повышает функциональные возможности шины то, что нити корда в слое выполнены из крученого синтетического полиамидного волокна.

RU142613U1 Шина сверхнизкого давления [3]

Техническое решение относится к шинам транспортных средств, в частности, к шинам, отличающимся относительными размерами сечения и прежде всего к шинам сверхнизкого давления, предназначенным для использования на вездеходных транспортных средствах, перемещающихся по слабонесущим поверхностям.

Задача – повышение грузоподъемности при сохранении вездеходных свойств шины сверхнизкого давления на слабонесущих поверхностях.

Шина сверхнизкого давления с рабочим внутренним давлением 0,04...0,9 кГ/см² (0,004...0,09 МПа) содержит каркас 1 (рис. 2) из обрешиненного корда 2, протектор 3 и боковины 4. На бортовые кольца 5 завернуты по меньшей мере два слоя корда 2. Ее наружный диаметр D выполнен равным 1500...1700 мм, ширина профиля B выполнена равной 550...850 мм, посадочный диаметр d выполнен равным 550...680 мм, при этом толщина ее оболочки a не превышает 0,03 ширины профиля B . Высота h грунтозацепов 6 протектора 3 выполнена равной 0,8...1,2 толщины оболочки a .

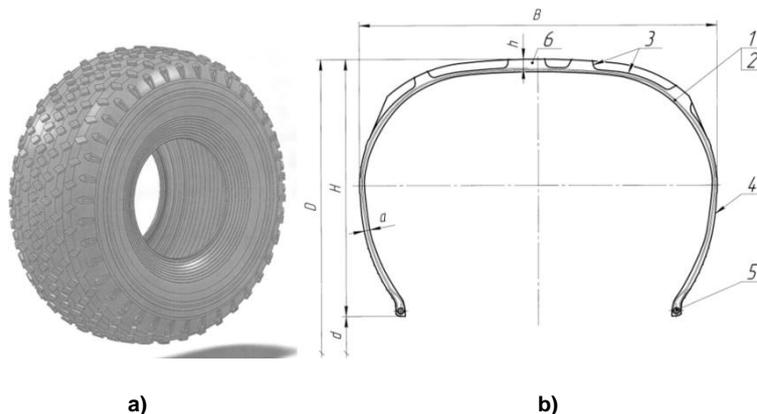


Рис. 2. Шина сверхнизкого давления: а – общий вид; б – профиль шины в меридиональном сечении
Fig. 2. Ultra-low-pressure tire: a – general view; b – tire profile in a meridional section

Технический результат – повышение грузоподъемности при сохранении вездеходных свойств шины на слабонесущих поверхностях обеспечено оптимальным соотношением ее внешних геометрических параметров и толщины оболочки.

RU195307U1 Пневматическая шина [4]

Техническое решение относится к пневматической шине, имеющей рисунок протектора, предназначенный для эксплуатации на внедорожных транспортных средствах.

Задача:

- 1) повышение проходимости транспортных средств на грунтах с низкой несущей способностью, особенно на снежной целине и болотах за счет увеличенного пятна контакта с опорной поверхностью;
- 2) увеличение самоочищаемости протектора за счет повышенной эластичности беговой дорожки;
- 3) обеспечение дополнительной защиты от проколов за счет усиленной плечевой зоны и увеличенного пятна контакта.

Предлагается пневматическая шина (рис. 3), состоящая из протектора с грунтозацепами и выемками, и каркаса, выполненного из двух слоев корда и боковины, при этом протектор включает грунтозацепы, расположенные относительно центра беговой дорожки, образующие центральное ребро, два боковых ребра и плечевые ребра. При этом центральное ребро составлено из двух рядов дистантно расположенных относительно друг друга грунтозацепов Г-образной формы, расположенных асимметрично относительно центра беговой дорожки, боковые ребра по бокам центрального ребра выполнены в виде ряда, образованного из элементов в виде двух перекрещивающихся дуг, составленных из нескольких грунтозацепов меньшей формы, плечевое ребро состоит из трех рядов разных грунтозацепов.



Рис. 3. Широкопрофильная шина: а – общий вид шины; б – рисунок беговой части протектора
Fig. 3. Wide-profile tire: a – general view of the tire; b – tread pattern

Технический результат – улучшение самоочищаемости протектора шин и надежности, повышение проходимости транспортных средств.

RU2805565C1 Покрышка пневматической шины [5]

Изобретение относится к автомобильной промышленности, в частности к покрышке грузовой пневматической шины радиальной конструкции.

Техническая задача, на решение которой направлено предлагаемое изобретение, заключается в снижении теплообразования в каркасе и повышении его работоспособности, повышении скоростной выносливости шины при одновременном сохранении нагрузочной характеристики шины и снижении ее массы путем установления оптимального межслойного резиносодержания между слоями каркаса шины.

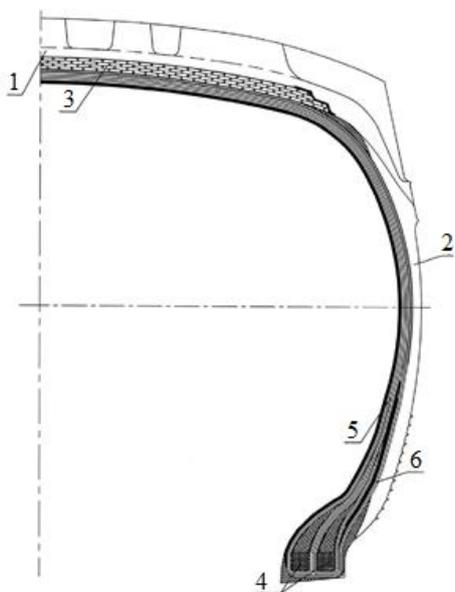


Рис. 4. Меридиональное сечение шины:
1 – протектор; 2 – боковины; 3 – брекер;
4 – бортовые кольца; 5 – внутренние слои
каркаса из обрешиненного корда;
6 – внешние слои каркаса из обрешиненно-
го корда

Fig. 4. Meridional section of the tire:
1 – tread; 2 – sidewalls; 3 – breaker;
4 – bead rings; 5 – inner layers of the
rubberized cord frame; 6 – outer layers
of the rubberized cord frame

Покрышка включает протектор, брекер, боковины, бортовые кольца и каркас, содержащий внутренние и внешние слои из обрешиненного текстильного корда с различной плотностью нитей. Межслойное резиносодержание по меньшей мере одного внешнего слоя каркаса на 40–55 % больше межслойного содержания внутренних слоев каркаса. При этом межслойное резиносодержание внешних слоев каркаса находится в пределах 0,49–0,55. Покрышка (рис. 4) содержит протектор 1, боковины 2, брекер 3, бортовые кольца 4 и каркас, выполненный из 6 слоев обрешиненного текстильного корда, завернутых вокруг бортовых колец, с разрывной прочностью 45 кгс/нить. Четыре внутренних слоя 5 каркаса имеют плотность 48 нитей/100 мм, а два внешних слоя 6 имеют плотность 44 нити/100 мм. При этом межслойное содержание во внутренних слоях каркаса составляет 0,33–0,35, а величина межслойного резиносодержания во внешних слоях каркаса равна 0,49–0,53, т. е. межслойное резиносодержание внешних слоев каркаса в 1,5 раза больше межслойного резиносодержания внутренних слоев каркаса.

Технический результат – улучшение эксплуатационных характеристик шины.

RU2578566C1 Резиновая смесь и шина, содержащая указанную резиновую смесь [6]

Изобретение относится к резиновой смеси, способной давать сшитую резиновую смесь с улучшенной износоустойчивостью (т. е. устойчивостью к разрыву и устойчивостью к истиранию) шине.

Резиновая смесь содержит каучуковый компонент, который, в свою очередь, включает, по меньшей мере, один полимер, представляющий собой синтезированный полиизопрен или сополимер изопрена, содержащий 20% или меньше гелевой фракции.

Технический результат – получение резиновой смеси с повышенной износоустойчивостью шины.

RU2677170C1 Резиновая смесь для производства протектора шин [7]

Изобретение касается получения резины для изготовления протектора пневматических шин.

Резиновая смесь содержит натуральный каучук, бутадиеновый каучук, хлорбутилкаучук, полученный взаимодействием при механическом инициировании реакции бутилкаучука и хлорированного углеводорода общей формулы $C_4H_{(2n+2)-x}Cl_x$, где $n = 10-30$, $x = 7-24$ в температурном диапазоне 80–150 °С, серу, технический углерод, диоксид цинка, олеиновую кислоту, каптакс, сульфенамид Ц, масло ПН-6, N-фенил-N-изопропил-пара-фенилдиамин.

Технический результат – улучшение сопротивления истиранию, динамической выносливости и сцепления с мокрым дорожным покрытием протектора шин.

RU2703207C1 Зимняя шина [8]

Изобретение относится к зимней шине, состоящей из определенной резиновой смеси.

Целью настоящего изобретения является обеспечение зимней шине, превосходной в отношении ходовых характеристик на обледенелом дорожном покрытии, подавления забивания снегом, подавления налипания снега и эффективности использования топлива.

• Зимняя шина, содержащая протектор, состоящий из резиновой смеси, включающей от 2,5 до 20 масс. ч. смолы на основе циклопентадиена и от 5 до 100 масс. ч. диоксида кремния на 100 масс. ч. каучукового компонента, включающего натуральный каучук и бутадиеновый каучук, где смола на основе циклопентадиена представляет собой гидрированную дициклопентадиеновую смолу, имеющую значение параметра растворимости (ПР) не менее 7,9 и не более 8,4.

• Зимняя шина, в которой бутадиеновый каучук имеет содержание цис-1,4 связей не менее 90 масс.%. Зимняя шина, в которой температура размягчения смолы на основе циклопентадиена составляет от 100 до 120 °С.

• Зимняя шина, в которой бутадиеновый каучук имеет содержание цис-1,4 связей не менее 96 масс.%.

• Зимняя шина, в которой диоксид кремния представляет собой диоксид кремния, полученный влажным способом.

• Зимняя шина, в которой резиновая смесь дополнительно включает сажу.

Изобретение обеспечивает улучшение сцепления шины с обледенелой и заснеженной дорогой, подавление забивания снега и экономию топлива.

Анализ информации

К числу основных обладателей патентов на конструкции и способы производства автомобильных шин в РФ относятся:

– Общество с ограниченной ответственностью «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР – АВТОРОС»;

– Общество с ограниченной ответственностью «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА – ТРЭКОЛ»;

– Ассоциация «АРКТИКТРАНС» по разработке, изготовлению и реализации экологичных вездеходных транспортных средств на пневматиках.

Диаграмма процентного распределения патентных документов в зависимости от вида патентуемых элементов устройства шины и показателей представлена на рис. 5.

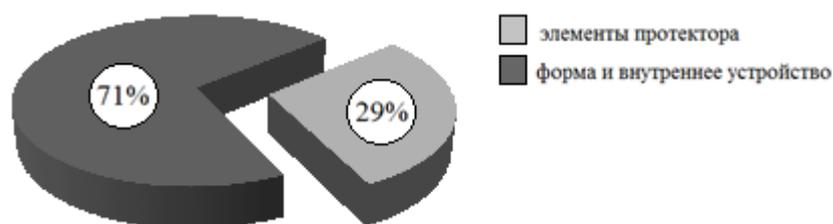


Рис. 5. Диаграмма процентного распределения патентных документов

Fig. 5. Percentage distribution chart of patent documents

Представленная информация свидетельствует о том, что большинство (71 %) заявленных технических решений направлено на совершенствование элементов протектора широкопрофильных шин низкого давления и только около одной трети (29 %) – на совершенствование формы и внутреннего устройства.

Диаграмма процентного распределения направлений технических решений элементов протектора представлена на рис. 6. Она показывает, что основное направление патентования технических решений элементов протектора ориентировано на улучшение самоочищаемости протектора (28 %), снижение сопротивления качению и повышение проходимости (27 %), улучшение тягово-сцепных свойств при сохранении поверхностного слоя грунтов низкой несущей способностью (18 %), улучшение шумовых характеристик (18 %), повышение устойчивости к износу (9 %).

Следует отметить, что в большинстве технических решений в патентах РФ, независимо от направления патентования элементов протектора, предпочтение отдается протекторам с грунтозацепами, расположенными по рисунку различных вариантов «елки».

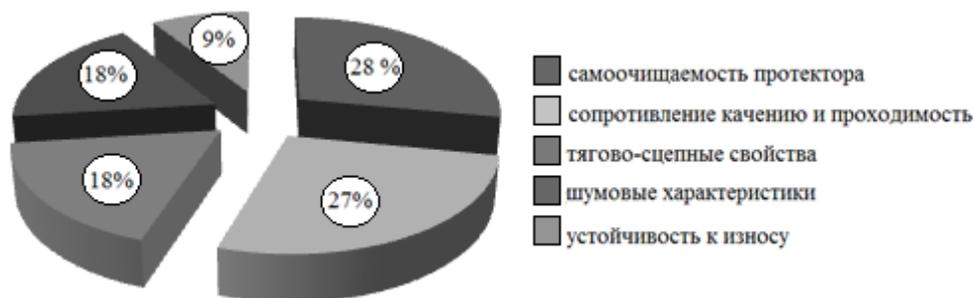


Рис. 6. Диаграмма процентного распределения направлений технических решений элементов протектора
Fig. 6. Diagram of the percentage distribution of technical solutions for tread elements

При эксплуатации автомобилей на зимних дорогах (заснеженные дороги, гололед) рекомендуется протектор, имеющий множество узких глубоких и щелевидных канавок (поперечных и диагональных). Канавки создают концентрацию давления на дорогу по кромкам выступов рисунка, предотвращая буксование ведущих колес.

При проектировании рисунка протектора его коэффициент полноты k_n (насыщенность) выбирается в зависимости от эксплуатационного назначения шин. Под коэффициентом полноты k_n понимается отношение площади выступающих частей протектора к общей площади беговой части шины. Для шин вездеходного типа k_n наименьший ($k_n = 0,40-0,60$). Протекторы с $k_n < 0,40$ проектировать не рекомендуется.

Примерно такой же формы, как и для гололеда, рекомендуется протектор для песчаных дорог, только канавки выполняются еще более узкими, коэффициент полноты $k_n = 0,70-0,80$. Это позволяет снизить заглобление колес в песчаный грунт за счет снижения удельного давления и уменьшения выгребания песка грунтозацепами.

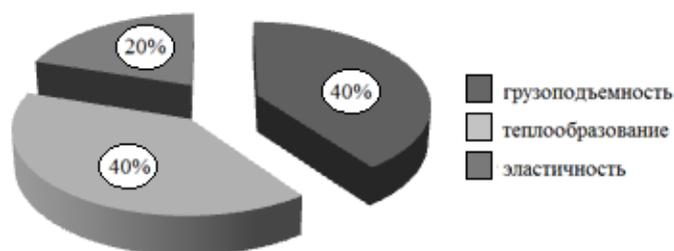


Рис. 7. Диаграмма процентного распределения направлений технических решений формы и внутреннего устройства шины
Fig. 7. Diagram of the percentage distribution of technical solutions for the shape and internal structure of the tire

Диаграмма процентного распределения направлений технических решений формы и внутреннего устройства шины представлена на рис. 7. Из нее видно, что в основном патентование ориентировано на повышение грузоподъемности при сохранении вездеходных свойств (40%), снижение теплообразования в каркасе и повышение его работоспособности (40%), достижение оптимальной эластичности и исключение эффекта буксования (20%).

Заклучение

Направление патентования технических решений ШНД по результатам патентных исследований ориентировано на рассмотрение технических решений, определяемых в основном такими конструктивными характеристиками шин, как размеры и формы поперечного сечения шины, конфигурации и размеры рисунка протектора, давление воздуха в шине и возможность его регулирования, материал и число слоев корда, качество резины. Доминирующим является направление патентования технических решений по оптимизации конфигурации и размеров рисунка протектора. Несмотря на то, что показатель несущей способности (грузоподъемности), т. е. максимальной нагрузки на шину, является одной из основных характеристик грузовых шин, количество патентов по нему весьма незначительно.

Технические решения в части характеристик применяемой резиновой смеси при производстве шин направлены в основном на снижение гистерезисных потерь и термостойкость, повышение прочности, сокращение сырья нефтяного происхождения, улучшение износостойкости и сцепления с мокрым, обледенелым и заснеженным дорожным покрытием.

Оптимальная конструкция шины, обеспечивающая повышение грузоподъемности при сохранении вездеходных свойств на слабонесущих поверхностях, не найдена и поиск ее продолжается.

Существенная часть технических патентных решений по оптимизации конструкции широко-профильных шин низкого и сверхнизкого давления указывает на то, что они в значительной степени преследуют маркетинговые цели.

Список литературы

1. Лаврентьев В.Б. Вождение автомобилей высокой проходимости. М.: Транспорт, 1974. 96 с.
2. Шина сверхнизкого давления: пат. 124632U1 Рос. Федерация. № 2012123530/11; заявл. 07.06.12; опубл. 10.02.13, Бюл. № 4, 23 с.
3. Шина сверхнизкого давления: пат. 142613U1 Рос. Федерация. № 2014109416/11; заявл. 13.03.14; опубл. 27.06.14, Бюл. № 18, 2 с.
4. Пневматическая шина: пат. 195307U1 Рос. Федерация. № 2019123286; заявл. 24.07.19; опубл. 22.01.20, Бюл. № 3, 7 с.
5. Покрышка пневматической шины: пат. 2805565C1 Рос. Федерация. № 2023113660; заявл. 25.05.23; опубл. 19.10.23, Бюл. № 29, 10 с.
6. Резиновая смесь и шина, содержащая указанную резиновую смесь: пат. 2578566C1 Рос. Федерация. № 2014140303/04; заявл. 06.03.13; опубл. 17.03.16, Бюл. № 9, 40 с.
7. Резиновая смесь для производства протектора шин: пат. 2677170C1 Рос. Федерация. № 2017141606; заявл. 29.11.17; опубл. 15.01.19, Бюл. № 2, 6 с.
8. Зимняя шина: пат. 2703207C1 Рос. Федерация. № 2018137890; заявл. 05.12.16; опубл. 15.10.19, Бюл. № 29, 14 с.
9. Пневматическая шина вездеходного транспортного средства: пат. 104517U1 Рос. Федерация. № 2010152738/11; заявл. 23.12.10; опубл. 20.03.11, Бюл. № 14, 2 с.
10. Диагональная широкопрофильная пневматическая шина сверхнизкого давления: пат. 127339U1 Рос. Федерация. № 2012148604/11; заявл. 15.11.12; опубл. 27.04.13, Бюл. № 12, 2 с.
11. Пневматическая шина вездеходного транспортного средства: пат. 129457U1 Рос. Федерация. № 2013105375/11; заявл. 08.02.13; опубл. 27.06.13, Бюл. № 18, 1 с.
12. Пневматическая шина: пат. 2577404C1 Рос. Федерация. № 2014146949/11; заявл. 24.04.13; опубл. 20.03.16, Бюл. № 8, 28 с.
13. Пневматическая шина: пат. 2662584C1 Рос. Федерация. № 2017129403; заявл. 22.01.20; опубл. 05.03.21, Бюл. № 4, 31 с.
14. Шина сверхнизкого давления: пат. 202771U1 Рос. Федерация. № 2020130869; заявл. 18.09.16; опубл. 05.03.21, Бюл. № 7, 13 с.
15. Пневматическая шина: пат. 204939U1 Рос. Федерация. № 2021107878; заявл. 24.03.21; опубл. 21.06.21, Бюл. № 18, 6 с.
16. Пневматическая шина: пат. 204430U1 Рос. Федерация. № 2021104423; заявл. 20.02.21; опубл. 24.05.21, Бюл. № 15, 6 с.
17. Пневматическая шина: пат. 2699673C1 Рос. Федерация. № 2019102601; заявл. 27.06.17; опубл. 09.09.19, Бюл. № 25, 14 с.
18. Резиновая смесь для боковины и для пневматической шины: пат. 2386647C2 Рос. Федерация. № 2008124771/02; заявл. 20.06.08; опубл. 20.04.10, Бюл. № 11, 17 с.
19. Резиновая смесь для боковины шины и способ приготовления указанной смеси: пат. 2397997C2 Рос. Федерация. № 2008129869/04; заявл. 07.12.06; опубл. 27.08.2010 Бюл. № 24, 13 с.
20. Резиновая смесь для шины и пневматическая шина: пат. 2466158C1 Рос. Федерация. № 2009141938/05; заявл. 20.02.08; опубл. 10.11.12 Бюл. № 31, 46 с.
21. Резиновая смесь для шины, элемент шины, резиновая смесь для основы протектора, основа протектора и шина: пат. 2467035C2 Рос. Федерация. № 2009143276/05; заявл. 14.03.08; опубл. 20.11.12 Бюл. № 32, 29 с.
22. Состав резиновой смеси на основе комбинации каучуков общего назначения (варианты): пат. 2809502C1 Рос. Федерация. № 2023111462; заявл. 03.05.23; опубл. 12.12.23 Бюл. № 35, 11 с.
23. All-terrain-vehicle tire: Patent No: 6,021,829 United States Patent, Filed: Jul. 18, 1996, Date of Patent: Feb. 8, 2000
24. Off-road tire having puncture preventing pads: Patent No.: US 6,401,774 B1 United States Patent, Filed: Jun. 22, 2000, Date of Patent: Jun. 11, 2002

25. Off-road tire having a textured inner tread: Patent No.: US 6,536,490 B2 United States Patent, Filed: Jun. 15, 2001, Date of Patent: Mar. 25, 2003.
26. All-terrain vehicle tire: Patent No.: US 6,929,044 B1 United States Patent, Filed: Nov. 17, 1999, Date of Patent: Aug. 16, 9 2005.
27. Tire tread: Patent No.: US D512,957 S United States Design Patent, Filed: Sep. 10, 2004, Date of Patent: Dec. 20, 2005.
28. Tire tread: Patent No.:US D514,501 S United States Design Patent, Filed: Sep. 10, 2004, Date of Patent: Feb. 7, 2006.
29. Pneumatic tire for traveling on off road: Patent No: US 2008/0073012 A1 United States, Filed: Sep. 13, 2007, Pub. Date: Mar. 27, 2008.
30. Pneumatic tire: Patent No.: US D666,966S United States Design Patent, Filed: Feb. 1, 2012, Date of Patent: Sep. 11, 2012.
31. Pneumatic tre and process forts manufacture: Patent No.: US 8,104,523 B2 United States Patent, Fled: Dec. 30, 2003, Date of Patent: Jan. 31, 2012.
32. Pneumatic tire: Patent No.: US D701,825S United States Design Patent, Filed: Aug. 15, 2013, Date of Patent: Apr. 1, 2014.
33. Pneumatic tire: Patent No.: US D731,959S United States Design Patent, Filed: Aug. 15, 2013, Date of Patent: Jun. 16, 2015.
34. Tire tread: Patent No.: US D806,004S United States Design Patent, Filed: Aug. 5, 2016, Date of Patent: Dec. 26, 2017.
35. Off road tire having variable width puncture preventing pads: Patent No.: US 2004/012392.6 A1 United States Patent, Filed: Dec. 26, 2002, Pub. Date: Jul. 1, 2004.
36. Pneumatic tire: Patent No.: US 2021/0138842 A1 United States Patent, Filed: Jul, 26, 2018, Pub. Date : May 13 , 2021.
37. An all-terrain-vehicle tire: CA 2261043 Canadian patent, Filing Date: 1996/07/18, Date de dflivrance/Issue Date: 2007/09/25.
38. Pneumatic tire for on road and off road use: Patent No: WO 2011/080565 A1 World Intellectual Property Organization International Bureau, International Filing Date:23.12.2010, International Publication Date:07.07.2011.
39. Pneumatic tire having dampening element adhered to air barrier layer: Patent No: WO 2018/094026 A1 World Intellectual Property Organization International Bureau, International Filing Date: 16.11.2017, International Publication Date: 24.05.2018.
40. Sidewall supports for pneumatic tires: Patent No: WO 2020/223404 A1 World Intellectual Property Organization International Bureau, International Filing Date: 29.04.2020, International Publication Date: 05.11.2020.
41. A tire for vehicle wheels: Patent No.: EP 1 013 480 B1 European Patent Specification, Date of filing: 17.12.1999, Date of publication and mention of the grant of the patent: 14.05.2003.
42. An all-terrain vehicle tire: Patent No.: EP 1 222 077 B1 European Patent Specification, Date of filing: 06.10.1999, Date of publication and mention of the grant of the patent: 19.05.2004 Bulletin 2004/21.
43. Tire for heavy load vehicle wheels: Patent No.: EP 2 552 714 B1 European Patent Specification, Date of filing: 29.03.2011, Date of publication and mention of the grant of the patent: 04.01.2017.
44. Tire: Patent No.:EP 4 296 313 A1 European Patent Specification, Date of filing: 02.02.2022, Date of publication: 27.12.2023.

References

1. Lavrent'yev V.B. *Vozhdeniye avtomobiley vysokoy prokhdimosti* [Driving cross-country vehicles]. Moscow, 1974. 96 p.
2. Knyaz'kov V.N. *Shina sverkh nizkogo davleniya* [Ultra low pressure tire]. Patent RF, no. 124632U1, 2013.
3. Knyaz'kov V.N. et al. *Shina sverkh nizkogo davleniya* [Ultra low pressure tire]. Patent RF, no. 142613U1, 2014.
4. Pereshivaylov P.V. et al. *Pnevmaticheskaya shina* [Pneumatic tire]. Patent RF, no. 195307U1, 2020.

5. Korotayev A.Yu. et al. *Pokryshka pnevmaticheskoy shiny* [Pneumatic tire]. Patent RF, no. 2805565C1, 2023.
6. Matsusita D. (JP) et al. *Rezinovaya smes' i shina, soderzhashchaya ukazannuyu rezinovuyu smes'* [Rubber mixture and tire, containing said rubber mixture]. Patent RF, no. 2578566C1, 2016.
7. Mikhaylov I. A. et al. *Rezinovaya smes' dlya proizvodstva protektora shin* [Rubber compound for tire tread production]. Patent RF, no. 2677170C1, 2019.
8. Takenaka M. (JP) *Zimnyaya shina* [Winter tire]. Patent RF, no. 2703207C1, 2019.
9. Knyaz'kov V.N. et al. *Pnevmaticheskaya shina vezdekhodnogo transportnogo sredstva* [All-terrain vehicle pneumatic tire]. Patent RF, no. 104517U1, 2011.
10. Kostin A.B. *Diagonal'naya shirokoprofil'naya pnevmaticheskaya shina sverkhnizkogo davleniya* [Diagonal wide profile ultra-low pressure pneumatic tire]. Patent RF, no. 127339U1, 2013.
11. Afanas'yeva A.K. et al. *Pnevmaticheskaya shina vezdekhodnogo transportnogo sredstva* [Pneumatic tire of all-terrain vehicle]. Patent RF, no. 129457U1, 2013.
12. Kodzuki K. (JP) *Pnevmaticheskaya shina* [Pneumatic tire]. Patent RF, no. 2577404C1, 2016.
13. Nisino T. (JP) *Pnevmaticheskaya shina* [Pneumatic tire]. Patent RF, no. 2662584C1, 2021.
14. Blokhin A.N. *Shina sverkhnizkogo davleniya* [Ultra low pressure tire]. Patent RF, no. 202771U1, 2021.
15. Volkhonskiy V.A. et al. *Pnevmaticheskaya shina* [Pneumatic tire]. Patent RF, no. 204939U1, 2021.
16. Volkhonskiy V.A. et al. *Pnevmaticheskaya shina* [Pneumatic tire]. Patent RF, no. 204430U1, 2021.
17. Simidzu K. (JP) et al. *Pnevmaticheskaya shina* [Pneumatic tire]. Patent RF, no. 2699673C1, 2021.
18. Uesaka K. (JP) et al. *Rezinovaya smes' dlya bokoviny i dlya pnevmaticheskoy shiny* [Rubber mixture for side pieces and pneumatic tires]. Patent RF, no. 2386647C2, 2010.
19. Vada T. (JP) *Rezinovaya smes' dlya bokoviny shiny i sposob prigotovleniya ukazannoy smesi* [Rubber mixture for tire sidewalls and method of preparing said mixture] Patent RF, no. 2397997C2, 2010.
20. Taguchi T. (JP) et al. *Rezinovaya smes' dlya shiny i pnevmaticheskaya shina* [Rubber mixture for tires and pneumatic tire]. Patent RF, no. 2466158C1, 2012.
21. Khirayama T. (JP) et al. *Rezinovaya smes' dlya shiny, element shiny, rezinovaya smes' dlya osnovy protektora, osnova protektora i shina* [Rubber mixture for tires, tire component, rubber mixture for tread base, tread base and tire]. Patent RF, no. 2467035C2, 2012.
22. Popova O.E. et al. *Sostav rezinovoy smesi na osnove kombinatsii kauchukov obshchego naznacheniya (varianty)* [Composition of rubber mixture based on combination of general purpose rubbers (options)]. Patent RF, no. 2809502C1, 2023.
23. All-terrain-vehicle tire: Patent No: 6,021,829 United States Patent, Filed: Jul. 18, 1996, Date of Patent: Feb. 8, 2000
24. Off-road tire having puncture preventing pads: Patent No.: US 6,401,774 B1 United States Patent, Filed: Jun. 22, 2000, Date of Patent: Jun. 11, 2002
25. Off-road tire having a textured inner tread: Patent No.: US 6,536,490 B2 United States Patent, Filed: Jun. 15, 2001, Date of Patent: Mar. 25, 2003.
26. All-terrain vehicle tire: Patent No.: US 6,929,044 B1 United States Patent, Filed: Nov. 17, 1999, Date of Patent: Aug. 16, 9 2005.
27. Tire tread: Patent No.: US D512,957 S United States Design Patent, Filed: Sep. 10, 2004, Date of Patent: Dec. 20, 2005.
28. Tire tread: Patent No.: US D514,501 S United States Design Patent, Filed: Sep. 10, 2004, Date of Patent: Feb. 7, 2006.
29. Pneumatic tire for traveling on off road: Patent No: US 2008/0073012 A1 United States, Filed: Sep. 13, 2007, Pub. Date: Mar. 27, 2008.
30. Pneumatic tire: Patent No.: US D666,966S United States Design Patent, Filed: Feb. 1, 2012, Date of Patent: Sep. 11, 2012.
31. Pneumatic tire and process for manufacture: Patent No.: US 8,104,523 B2 United States Patent, Filed: Dec. 30, 2003, Date of Patent: Jan. 31, 2012.
32. Pneumatic tire: Patent No.: US D701,825S United States Design Patent, Filed: Aug. 15, 2013, Date of Patent: Apr. 1, 2014.
33. Pneumatic tire: Patent No.: US D731,959S United States Design Patent, Filed: Aug. 15, 2013, Date of Patent: Jun. 16, 2015.
34. Tire tread: Patent No.: US D806,004S United States Design Patent, Filed: Aug. 5, 2016, Date of Patent: Dec. 26, 2017.

35. Off road tire having variable width puncture preventing pads: Patent No.: US 2004/012392.6 A1 United States Patent, Filed: Dec. 26, 2002, Pub. Date: Jul. 1, 2004.
36. Pneumatic tire: Patent No.: US 2021/0138842 A1 United States Patent, Filed: Jul, 26, 2018, Pub. Date: May 13, 2021.
37. An all-terrain-vehicle tire: CA 2261043 Canadian patent, Filing Date: 1996/07/18, Date de délivrance/Issue Date: 2007/09/25.
38. Pneumatic tire for on road and off road use: Patent No: WO 2011/080565 A1 World Intellectual Property Organization International Bureau, International Filing Date: 23.12.2010, International Publication Date: 07.07.2011.
39. Pneumatic tire having dampening element adhered to air barrier layer: Patent No: WO 2018/094026 A1 World Intellectual Property Organization International Bureau, International Filing Date: 16.11.2017, International Publication Date: 24.05.2018.
40. Sidewall supports for pneumatic tires: Patent No: WO 2020/223404 A1 World Intellectual Property Organization International Bureau, International Filing Date: 29.04.2020, International Publication Date: 05.11.2020.
41. A tyre for vehicle wheels: Patent No.: EP 1 013 480 B1 European Patent Specification, Date of filing: 17.12.1999, Date of publication and mention of the grant of the patent: 14.05.2003.
42. An all-terrain vehicle tire: Patent No.: EP 1 222 077 B1 European Patent Specification, Date of filing: 06.10.1999, Date of publication and mention of the grant of the patent: 19.05.2004 Bulletin 2004/21.
43. Tyre for heavy load vehicle wheels: Patent No.: EP 2 552 714 B1 European Patent Specification, Date of filing: 29.03.2011, Date of publication and mention of the grant of the patent: 04.01.2017.
44. Tire: Patent No.:EP 4 296 313 A1 European Patent Specification, Date of filing: 02.02.2022, Date of publication: 27.12.2023.

Информация об авторах

Закиров Рамиль Агзамович, к.т.н., директор Научно-исследовательского института опытного машиностроения, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; zakirovra@susu.ru

Землянский Юрий Матвеевич, к.т.н., доцент Передовой инженерной школы двигателестроения и специальной техники «Сердце Урала», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; zem.yuriy4612@mail.ru

Никонов Александр Владимирович, к.т.н., директор Центра компьютерного инжиниринга, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; nikonovav@susu.ru

Таран Сергей Михайлович, директор Передовой инженерной школы двигателестроения и специальной техники «Сердце Урала», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; taransm@susu.ru

Information about the authors

Ramil' A. Zakirov, Ph.D, Director of the Research Institute of Experimental Mechanical Engineering, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; zakirovra@susu.ru

Yuriy M. Zemlyanskiy, Ph.D, Associate Professor of the Advanced Engineering School of Engine Building and Specialized Equipment "Heart of the Urals", South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; zem.yuriy4612@mail.ru

Aleksandr V. Nikonov, Ph.D, Director of the Computer Engineering Centre, South Ural State University, Chel-yabinsk, Russia; nikonovav@susu.ru

Sergey M. Taran, Director of the Advanced Engineering School of Engine Building and Special Equipment "Heart of the Urals", South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; taransm@susu.ru

Статья поступила в редакцию 25.12.2025; принята к публикации 26.12.2025.

The article was submitted 25.12.2025; accepted for publication 26.12.2025.