

УДК 629.114.46(575.3)

DOI: 10.46960/1816-210X_2022_3_114

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА ИЗНАШИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН В УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ КАРЬЕРОВ

А.М. Умирзоков

ORCID: 0000-0002-9966-2359 e-mail: ahmad.umirzokov@maul.ru

Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими
Душанбе, Таджикистан

И.П. Трояновская

ORCID: 0000-0003-2763-0515 e-mail: troianovskaiaip@susu.ru

Южно-Уральский государственный университет (НИУ)
Челябинск, Россия

А.Л. Бердиев

ORCID: 0000-0002-8013-4716 e-mail: alik8405@inbox.ru

Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими
Душанбе, Таджикистан

С.С. Сайдуллозода

ORCID: 0000-0002-9663-2453 e-mail: saivali.saidullo@mail.ru

Южно-Уральский государственный университет (НИУ)
Челябинск, Россия

Исследовано повышение эксплуатационной эффективности карьерного автомобиля путем увеличения долговечности автомобильной шины, что обусловлено необходимостью снижения интенсивности изнашивания, а также уменьшения числа механических повреждений при определенных соотношениях различных механизмов изнашивания. Обоснованы особенности механизмов изнашивания и механических повреждений автомобильной шины; выработаны предложения по выявлению резервов, связанных с прогнозированием нормы ее пробега в горных карьерных условиях. Установлен характер проявления отдельных механизмов истирания и механических повреждений автомобильных шин, свойственных преимущественно горным карьерным условиям и способствующих резкому снижению ресурса шин. По результатам экспериментальных исследований построены графики зависимости для установления критических значений остаточной высоты рисунка, при достижении которых наступает резкое повышение интенсивности изнашивания. Также представлена графическая зависимость интенсивности изнашивания рисунка протектора шины от проскальзывания в различных по сложности эксплуатационных условиях.

Результаты исследований могут быть применены для совершенствования конструкции в стадиях проектирования и производства шин, а также для уточнения норм их пробега с учетом особенностей условий эксплуатации.

Ключевые слова: автомобильная шина, абразивное изнашивание, усталостное изнашивание, механизм изнашивания, интенсивность изнашивания, абразивность, проскальзывание, горные породы, гидроабразивный износ, условия эксплуатации.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Умирзоков, А.М. Особенности механизма изнашивания автомобильных шин в условиях горных карьеров / А.М. Умирзоков, И.П. Трояновская, А.Л. Бердиев, С.С. Сайдуллозода // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. 2022. № 3. С. 114-123. DOI: 10.46960/1816-210X_2022_3_114

SPECIFICS OF AUTOMOBILE TIRE WEAR MECHANISM IN CONDITIONS OF QUARRIES

A.M. Umirzokov

ORCID: **0000-0002-9966-2359** e-mail: **ahmad.umirzokov@maul.ru**

Tajik Technical University n.a. academician M.S. Osimi
Dushanbe, Tajikistan

I.P. Troyanovskaya

ORCID: **0000-0003-2763-0515** e-mail: **troianovskaiaip@susu.ru**

South Ural State University (National Research University)
Chelyabinsk, Russia

A.L. Berdiev

ORCID: **0000-0002-8013-4716** e-mail: **alik8405@inbox.ru**

Tajik Technical University n.a. academician M.S. Osimi
Dushanbe, Tajikistan

S.S. Saidullozoda

ORCID: **0000-0002-9663-2453** e-mail: **saivali.saidullo@mail.ru**

South Ural State University (National Research University)
Chelyabinsk, Russia

Abstract. Improvement of operational efficiency of a quarry vehicle by increasing of an automobile tire durability that is caused by the need to reduce the intensity of wear, as well as a decrease in number of mechanical damages at certain ratios of various wear mechanisms, are studied. Specifics of wear mechanisms and mechanical damages of an automobile tire, as well as working-out of proposals for revealing of reserves associated with prediction of its mileage standard in mining and quarry conditions, are substantiated. Mode of presentation of individual mechanisms of abrasion and mechanical damages of automobile tires, mainly specific to mining and quarry conditions and contributing to a sharp decrease in tire life, are established. According to the results of experimental studies, dependence graphs are constructed to establish critical values of the pattern residual height; when such critical values are reached, a sharp increase in the intensity of wear occurs. Also, the curve of tire tread pattern wear intensity on slippage in operating conditions of varying complexity is presented.

Results of the research can be applied to improve the structure at the tires design and production stages, as well as to specify the mileage standards thereof, taking into account the specifics of operating conditions.

Key words: automobile tire, abrasive wear, fatigue wear, wear mechanism, wear intensity, abrasiveness, slippage, rocks, hydro abrasive wear, operating conditions.

FOR CITATION: A.M. Umirzokov, I.P. Troyanovskaya, A.L. Berdiev, S.S. Saidullozoda. Specifics of automobile tire wear mechanism in condition of quarries. Transactions of NNSTU n.a. R.E. Alekseev. 2022. № 3. Pp. 114-123. DOI: 10.46960/1816-210X_2022_3_114

Введение

Автомобильная шина в горных карьерах эксплуатируется в сложных, порой очень суровых дорожно-климатических условиях, формирующихся под влиянием более чем сорока различных факторов и огромного числа их сочетаний [1-4]. Из их большого многообразия наиболее важными, значительно ускоряющими интенсивность изнашивания рисунка протектора шины, являются нагрузочные и дорожно-климатические составляющие, под действием которых наблюдаются все виды изнашивания, характерные для резинотехнических изделий: абразивный, усталостный, посредством скатывания [5-7]. В условиях горных карьеров пробег шины автомобилей-самосвалов значительно сокращается, в основном, из-за абразивного изнашивания рисунка ее протектора [8, 9]. Следует отметить, что наиболее частыми причи-

нами снятия шин с эксплуатации в горных карьерах являются механические повреждения [10, 11].

Вместе с тем, вопросы, связанные с исследованием особенностей взаимодействия автомобильной шины, остаются малоизученными. Установление закономерности абразивного изнашивания и причинно-следственной связи между сложным дорожно-климатическим условием и интенсивностью изнашивания служит основанием уточнения нормы пробега шины, выбора шины с наилучшими эксплуатационными показателями с учетом особенностей условий эксплуатации, разработки рекомендаций по обоснованию эффективности функционирования автомобиля, эксплуатируемого в горных карьерных условиях.

Материалы и методы исследования

Между автомобильной шиной и дорожным покрытием имеет место сложный процесс взаимодействия, характеризующийся значительными нагрузочными, температурными напряжениями и низким качеством дорожного покрытия, отличающегося высокой агрессивностью. Среди всевозможных видов изнашивания для данных условий преобладают такие разновидности истирания, как абразивный и посредством скатывания, а также их сочетания, отличающиеся высокой интенсивностью, что обуславливает низкую долговечность шины.

В горных карьерах повреждения поверхностного слоя шины при усталостном износе рисунка протектора случаются по причине частых деформаций его выступов неровностями дорожного покрытия и твердыми округло-обломочными скальными породами в виде тупых и гладких гравия, галечников и валунов. В процессе взаимодействия шины с дорожным покрытием происходят следующие виды нарушений пятна касания, называемых фрикционными связями [12-15]:

а) микрорезание или царапание рисунка протектора, обусловленные взаимодействием шины с засыпанными на поверхности дорожного полотна дресвяными и щебенистыми обломками скальной породы с острыми ребрами и гранями при больших контактных давлениях, превосходящих предел прочности эластичного материала шины;

б) упругое оттеснение, относящееся к наиболее типичному случаю истирания резины, при котором разрушение материала происходит за большое число циклов;

в) адгезионный отрыв, обуславливающий молекулярную составляющую силы трения на поверхности соприкосновения (адгезия всегда присутствует при любом виде взаимодействия, но она невелика по сравнению с объемной прочностью материала);

г) когезионный отрыв, или схватывание поверхностей, сопровождающееся глубинным вырыванием материала.

Усталостное истирание рисунка протектора отличается относительно низкой интенсивностью по сравнению с износом посредством скатывания и абразивным износом. Первый случай имеет место при чрезмерных нагрузочных и температурных режимах и агрессивном стиле езды, характерном для горных условий (при резком и длительном торможении при движении на продолжительных спусках, маневрировании на больших скоростях, а также при ускорениях при движении на подъем). При этом сдвиговые напряжения нередко превышают прочность резины, что способствует к появлению разрывов, трещин и рисунков истирания в виде параллельно чередующихся гребней и впадин, перпендикулярных направлению истирания на поверхности протектора. Интенсивность усталостного износа шины повышается с ростом температуры поверхности шины, а также с увеличением неровности дорожного покрытия и уровня засоренности поверхности дороги галечниковыми, гравийными обломками и валунами.

Абразивное изнашивание рисунка протектора наблюдаются при разрушительном взаимодействии автомобильной шины с мелкообломочными и крупнообломочными породами скального происхождения (рис. 1), отличающимися высокой абразивной способностью.

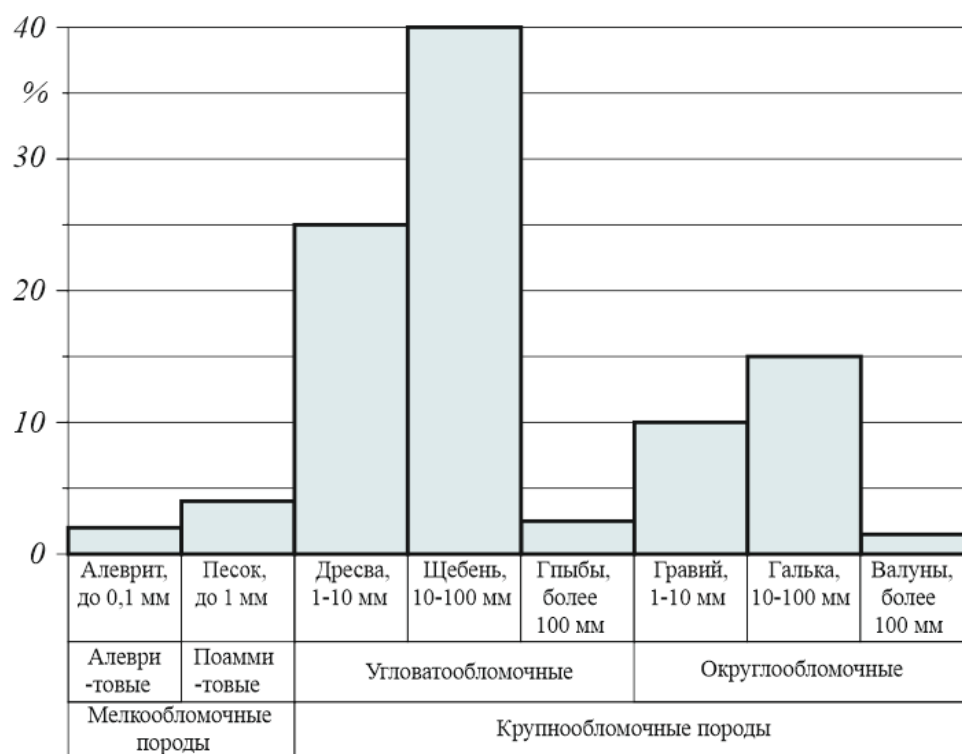


Рис. 1. Распределение горных пород (по массе) на поверхности карьерных дорог в условиях строительства ГТС

Fig. 1. Distribution of rock formation (by mass) on the surface of quarry roads in conditions of water-development works construction

Особенность абразивного истирания рисунка протектора автомобильной шины заключается в том, что она одновременно взаимодействует как с неподвижно закрепленными и подвижными абразивными частицами, так и с обломками твердой породы на поверхности дороги, которые отличаются широким спектром форм, размеров, механических свойств и абразивной способностью. При этом в процессе абразивного истирания в основном участвуют мелко- и угловато-обломочные породы скального происхождения. Если мелкообломочные породы в виде алевритов и песка участвуют в формировании неглубоких и мелких царапин, то угловато-обломочные породы оставляют на теле шины глубокие и крупные прорезы, способствуя при этом снижению абразивной стойкости резины из-за увеличения контактной площади. При движении автомобиля образованные царапины и прорезы протектора шины насыщаются абразивными частицами горной породы различных размеров и форм, усугубляя и без того сложный процесс истирания резины. К тому же насыщение поверхности протектора твердыми частицами приводит к повышению жесткости протекторной резины, и, как следствие, к снижению ее износостойкости. Кроме того, крупнообломочные породы служат причиной частых механических повреждений в виде проколов, разрывов и пробоев. По данным исследований [16], около 40 % бракованных шин, эксплуатирующихся в горных условиях, пришло в негодность по причине порезов или проколов острыми предметами и большими камнями (рис. 2).



Рис. 2. Механические повреждения шин при эксплуатации в горных условиях

Fig. 2. Mechanical damage to tires during operation in mountain conditions

В процессе эксплуатации автомобильной шины в абразивной среде происходит постепенное вдавливание мелко- и угловато-обломочных частиц в протекторную резину и насыщение ими протекторной резины. На величину абразивного изнашивания и его интенсивность влияют следующие факторы [17, 18]:

- природа происхождения абразивных частиц;
- среда эксплуатации автомобильной шины (степень агрессивности среды);
- свойство протекторной резины и характеристики дорожных условий, которые включают в себя тип и состояние дорожного покрытия, характеристику плана и профиля дороги;
- ударные нагрузки из-за неровности дорожного полотна;
- температурные показатели и многие другие.

В горных условиях абразивные частицы, засыпанные на поверхности дорожного полотна, в основном, выпадают из кузова автомобиля-самосвала при перевозке вскрышных горных пород из-за сложности дорожных условий. Горные карьерные дороги, проложенные на высотах от 1000 до 2000 м над уровнем моря, отличаются неровностью дорожного покрытия, а также сложностью ее геометрии в плане и профиле, характеризуемыми частыми подъемами и спусками, и большим числом поворотов за погонный км дороги (табл. 1).

Таблица 1.

Показатели условий эксплуатации в горных карьерах (на примере строительства ГТС)

Table 1.

**Indicators of operating conditions in quarries
(as exemplified by water-development works construction)**

Показатель, формирующий условие эксплуатации	Пределы варьирования	Среднее значение показателя
Количество подъемов и спусков на 1 км пути, шт.	1 ... 10	4
Количество поворотов на 1 км пути, шт.	4 ... 20	11
Количество ускорений (разгонов) на 1 км пути, шт.	12 ... 16	14
Количество замедлений на 1 км пути, шт.	8 ... 12	10
Неровность дорожного покрытия, м/км	7 ... 8	7,5
Количество торможений на 1 км пути, шт.	11 ... 15	13
Всего количества маневров на 1 км пути, шт.	36 ... 65	50
Температура воздуха, °С	- 16 ... +35	9
Среднее количество дней осадков в году, дни	75 ... 100	85
Среднее количество осадков в году, мм	800 ... 950	880
Высота над уровнем моря, м	1100 ... 1440	1320
Абразивная способность	-	высокая

Основную долю абразивных частиц в этих условиях составляют такие горные породы скального происхождения, как галит, гранит, гематит и др., отличающиеся высокими показателями плотности, прочности (стойкости одноосному давлению), твердости и абразивной способности. В целом в абразивном изнашивании рисунка протектора автомобильной шины так или иначе принимают участие свыше десяти разновидностей горных пород, разбросанных (распределенных) на поверхности дорожного покрытия.

В среде мелкообломочных пород острые абразивные частицы алеврита и песка царапают и совершают хаотический процесс микрорезания поверхности шины. Более крупные абразивы угловато-обломочных скальных пород в виде дресвы, щебня и глыбы, разбросанные на твердой поверхности дорожного покрытия, могут оставлять более глубокие царапины и раздиры, совершая хаотический процесс макрорезания поверхности шины.

В горных карьерных дорогах нередко встречается вид изнашивания, называемый гидроабразивным. Как разновидность гидроабразивного изнашивания, часто встречающуюся в условиях горных карьеров, следует отметить истирание протектора шины в среде толстого слоя грязи, достигающего до 10 см и выше, содержащего высокую концентрацию абразивных частиц в виде мелко-и крупнообломочных скальных пород [19, 20] (рис. 3).



Рис. 3. Дорожные условия в горных карьерах при строительстве ГЭС:
a – сухое дорожное покрытие с засыпанными абразивными породами; б – дорожное полотно, покрытое слоем грязи, содержащее высокую концентрацию абразивных частиц

Fig. 3. Road conditions in quarries during the water-development works construction:
a – dry road surface with abrasive rocks filled in; b – roadbed covered with a layer of dirt containing a high concentration of abrasive particles

Хотя механизм процесса изнашивания рисунка протектора шины в среде абразивной грязи на сегодня остается вопросом до конца не изученным, сотрудниками технологического парка Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими, совместно с инженерно-техническим персоналом ОАО «Основное строительство Рогунской ГЭС» установлено, что интенсивность изнашивания рисунка протектора в среде абразивной грязи на 10-15 % превышает интенсивность изнашивания на сухой карьерной дороге. Установлено также, что при эксплуатации автомобиля до 12-18 % увеличивается параметр потока отказов или среднее число отказов шин в течение определенной наработки по причине механического повреждения в среде абразивной грязи в сравнении с сухим дорожным покрытием. Причиной этого являются частые наезды шины на крупнообломочные скальные породы в виде обломков с острыми ребрами и гранями, которые остаются незамеченными водителем под лужей грязной воды или грязи.

В процессе эксплуатации автомобилей-самосвалов дресвяные и щебнистые обломки твердых пород с острыми ребрами и гранями внедряются и часто застревают в теле автомобильной шины в области ее протектора (рис. 4), оставляя при этом глубокие и довольно обширные прорезы и глухие проколы, тем самым способствуя дальнейшему ускоренному абразивному истиранию [14, 20].



Рис. 4. Глухие проколы шин обломками твердых скальных пород

Fig. 4. «Dumb» punctures of tires by fragments of solid rock

При движении автомобиля по горным карьерным дорогам остроконечные щебни вдавливаются в тело шины и углубляются в него (рис. 5). На практике не исключается случай наступления тем же местом, т.е. застрявшим щебенистым осколком на другой твердый предмет (осколок щебня, булыжник, галечник и др.) и глубокое вдавливание до сквозного прокалывания протектора шины.

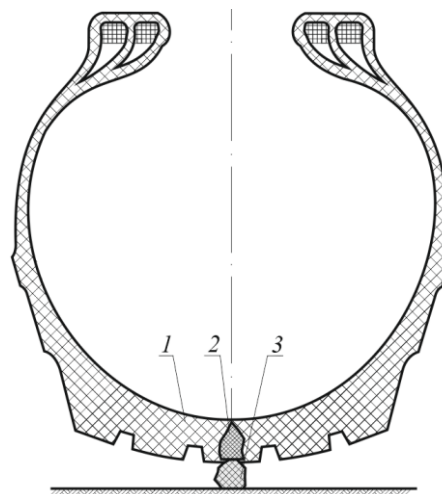


Рис. 5. Механизм механического повреждения шины в следствии последовательного внедрения обломков твердой скальной породы, засыпанной в виде щебня или галечника в тело протектора:

1 – автомобильная шина; 2 – обломок твердой скальной породы в виде щебня с острыми ребрами и гранями; 3 – галечник или обломок твердой скальной породы

Fig. 5. Mechanism of mechanical damage to the tire as a result of the sequential penetration of fragments of solid rock, filled into the tread body in the form of rubble or pebble:

1 – automobile tire; 2 – fragment of solid rock in the form of rubble with sharp edges; 3 – pebble or a fragment of solid rock

Результаты исследования

Известно, что в формировании механизма истирания рисунка протектора автомобильной шины немаловажное значение имеет режим движения «качение с проскальзыванием». В карьерных дорогах, проложенных в горных условиях, проскальзывание колес автомобилей-самосвалов варьирует в широких пределах и составляют от 2 до 6 % в зависимости от особенностей условия эксплуатации (рис. 6).

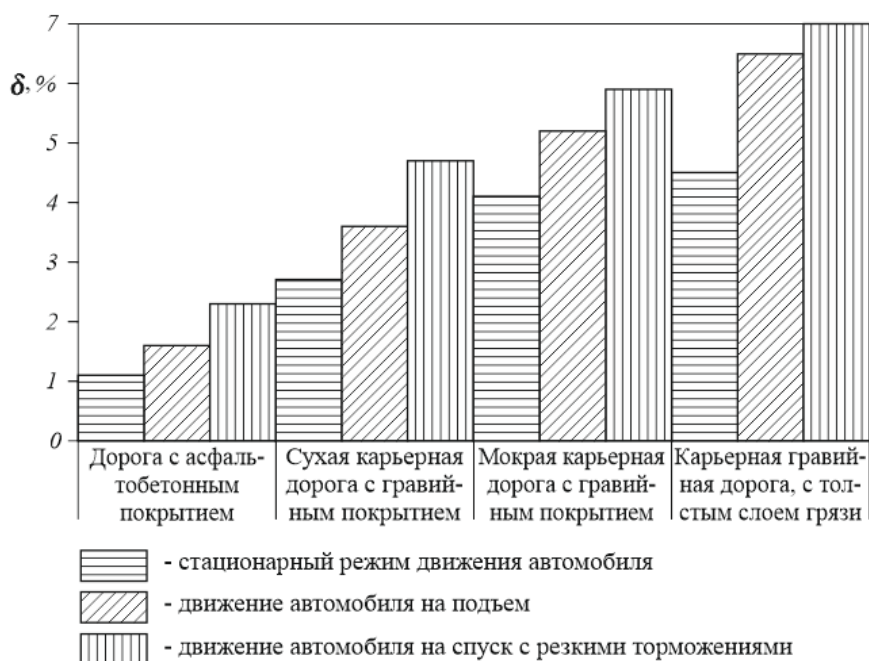


Рис. 6. График зависимости интенсивности изнашивания рисунка протектора шины от проскальзывания

Fig. 6. Dependence graph of tire tread pattern wear intensity on slippage

Известно, что интенсивность изнашивания протектора шины зависит от соотношения видов изнашивания, которые непостоянны в процессе эксплуатации с увеличением пробега, следовательно, и непостоянен и интенсивность изнашивания. Для сложных условий эксплуатации автомобилей в горных карьерах в результате обработки экспериментальных данных установлено, что это непостоянство может варьировать в широких пределах, линейно меняться до определенного пробега и резко увеличиваясь после него (рис. 7).

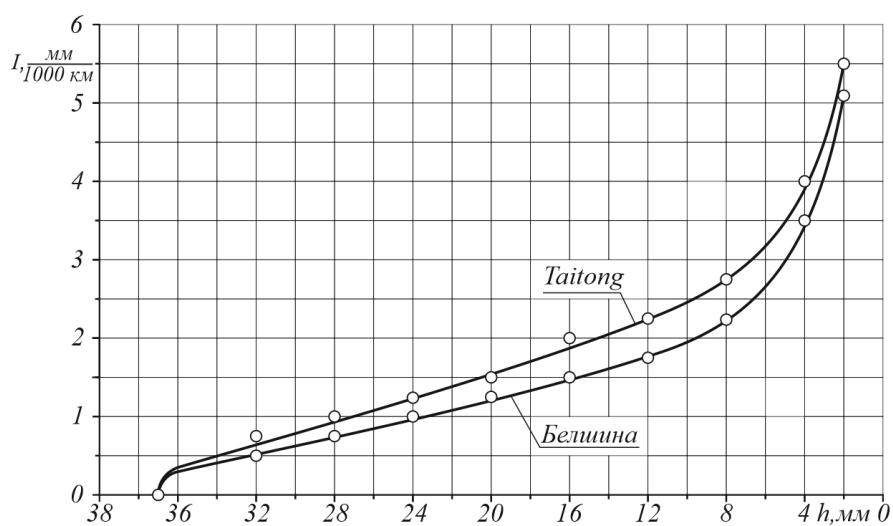


Рис. 7. Зависимость интенсивности изнашивания I от остаточной высоты протектора h для шин, эксплуатируемых в горных условиях

Fig. 7. Dependence of wear intensity I on residual tread height h for tires used in mountain conditions

Интенсивность абразивного изнашивания рисунка протектора шины в зависимости от свойств абразивной среды, концентрации, формы, размеров абразивов, состояния шины, скорости скольжения шины по дороге и удельного давления для шин типоразмера 18.00–25 составляют от 0,9 до 1,8 мм/1000 км, для шин типоразмера 12.00–20 данный показатель варьирует в пределах от 0,6 до 1,0 мм/1000 км.

Выводы

1. В настоящее время не существует однозначной теории, описывающей во всей полноте механизм изнашивания автомобильной шины, не объяснены критерии перехода от одних видов изнашивания к другим, не установлен характер взаимосвязи между износостойкостью со свойствами резины и эксплуатационными условиями. Для снижения интенсивности изнашивания твердость изнашиваемой поверхности должна быть на 30 % тверже абразива, что исключается для автомобильной шины. Следовательно, для снижения интенсивности абразивного истирания необходимо очищать поверхность дороги от твердых структурных составляющих.

2. Снижение интенсивности изнашивания в горных карьерных условиях можно связать с положением критической точки, при достижении которого в 2 и более раза снижается сопротивление истираемости протекторной резины.

3. В абразивной среде интенсивность изнашивания, линейно меняясь в течение срока службы, резко увеличивается при достижении определенной остаточной высоты рисунка протектора: 12-10 мм для шин типоразмера 18.00–25 и 8-7 мм для шин типоразмера 12.00–20.

Библиографический список

1. **Гудков, В.А.** Особенности эксплуатации автомобильных шин на горных маршрутах Республики Дагестан / В.А. Гудков, В.Н. Тарновский, Р.М. Устаров // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. 2009. № 1. С. 99-101.
2. **Юнусов, М.Ю.** Влияние условий эксплуатации на износ шин карьерных самосвалов / М.Ю. Юнусов, А.Л. Бердиев, Х.Б. Хусейнов, Ф.С. Бодурбеков, Ф. Джобиров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2016. № 1 (33). С. 56-64.
3. **Gudkov, V.A.** Predicting the mileage of motor vehicle tires in mountainous service conditions / V.A. Gudkov, V.N. Tarnovskii, R.M. Ustarov // International Polymer Science and Technology. 2012. Vol. 39(5). pp. 27-29.
4. **Лель, Ю.И.** Карьерные автодороги – их значимость и проблемы совершенствования / Ю.И. Лель, Ю.В. Стенин, А.Г. Колчанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 3. С. 103-108.
5. **Абдулаев, Э.К.** Анализ и оценка факторов влияющих на ресурс крупногабаритных шин / Э.К. Абдулаев / Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики: IPDME-2020: Сборник тезисов. Секция «Круглый стол молодых ученых» VII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 23-24 апреля 2020 года. – СПб: Санкт-Петербургский горный университет. 2020. С. 3-5.
6. **Бакеев, Р.Б.** Проблема определения и корректирования нормативов ресурса автомобильных шин / Р.Б. Бакеев / Проблемы эксплуатации автомобилей, строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин: Межвузовский сборник научных трудов. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет. 2001. С. 3-5.
7. **Умирзоков, А.М.** Оценка формирования ресурса шин грузовых автомобилей в горных условиях при строительстве Рогунской гидроэлектростанции / А.М. Умирзоков, Ф.И. Джобиров, С.С. Сайдуллозода, А.Л. Бердиев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2021. № 4. С. 396-403.
8. **Kravchenko, A.** Research of dynamics of tire wear of trucks and prognostication of their service life / A. Kravchenko, O. Sakno, A. Lukichov // Transport Problems. 2012. Т. 7. № 4. С. 85-94.

9. **Суюнтбеков, И.Э.** Исследование влияния основных факторов, вызывающих повышенный износ шин автотранспортных средств в горных условиях // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова. 2011. № 3. С. 81-86.
10. **Устаров, Р.М.** Неравномерность изнашивания протектора шин автомобилей, используемых в горных маршрутах Республики Дагестан / Р.М. Устаров, И.М. Устаров // Вестник МФ МАДИ (ГТУ). 2008. С. 47-51.
11. **Umirzokov, A.M.** Assessment of the resource of elements of transportation machins operated in mining energy enterprises / A.M. Umirzokov, M.A. Abdullo, F.I. Jobirov, S.S. Saidullozoda, A.B. Tashripov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 990(1). No. 012063.
12. **Gorshkov, Y.G.** Automatic control of air pressure in tires as a way to provide safe movement of wheeled vehicles on slopes / Y.G. Gorshkov, I.N. Starunova, A.A. Kalugin, I.P. Troyanovskaya // Journal of Physics. 2019. Vol. 1177 (1). No. 012004.
13. **Джобиров, Ф.И.** Моделирование ресурса шин грузовых автомобилей в горных условиях при строительстве гидротехнических сооружений (ГТС) / Ф.И. Джобиров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2021. № 2 (54). С. 119-123.
14. **Умирзоков, А.М.** Влияние дорожных, климатических и эксплуатационных факторов на долговечность автомобильных шин / А.М. Умирзоков, А.А. Саибов, М.А. Абдуллоев, Ф. Джобиров // Вестник Таджикского технического университета. 2015. № 3(31). С. 89-94.
15. **Shkrabak, R.** Automatic control of air pressure in tires as a factor of safety improvement of wheeled vehicle operation in agricultural sector / R. Shkrabak, A. Kalugin, I. Starunova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 341(1). No. 012126.
16. **Юнусов, М.Ю.** Особенности эксплуатации шин в условиях переменного рельефа местности строительства Рогунской ГЭС / М.Ю. Юнусов, М. Мамадорифов, Ф.С. Бодурбеков, Х. Хайруллои // Вестник Таджикского технического университета. 2015. № 3 (31). С. 78-80.
17. **Устаров, Р.М.** Основные причины выхода шин из строя автомобилей эксплуатируемых в горных условиях республики Дагестан / Р.М. Устаров, И.М. Устаров, И.Р. Тагиров, А.А. Рамазанов // Вестник Махачкалинского филиала МАДИ. 2010. № 10. С. 29-32.
18. **Лахмостов, А.И.** Виды износа и разрушения шин / А.И. Лахмостов, А.И. Ушанев // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2017. Т. 2. № 2. С. 130-135.
19. **Умирзоков, А.М.** Оценка сети автомобильных дорог Республики Таджикистан / А.М. Умирзоков, Н.Т. Гоибов, С.С. Сайдуллозода, А.Л. Бердиев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексева. 2021. № 3 (134). С. 117-124.
20. **Умирзоков, А.М.** Оценка эффективности эксплуатации автомобильной дороги в горных карьерах / А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, С.С. Сайдуллозода, А.Л. Бердиев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексева. 2021. №1 (132). С. 98-105.

*Дата поступления
в редакцию: 06.04.2022*