

4. В.В.Габов, Ю.В.Лыков.-“Конструкции буровых машин для подземных работ”: Санкт-Петербург-2010.
5. В.И.Бабуров, В.Ф.Горбунов.-“Причины вибрации ручных пневматических молотков и способы борьбы с ней”, -Томский политехнический университет-1966 г.
6. “Технические требования и методы испытаний пневматические перфораторы”: Госстандарт России. Москва-1999 г.
7. Иванов К. И., Латышев В. А., Андреев В. Д. “Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых”- М.: Недра, 1987. 272 с.
8. О. Д. Алимов, И. Г. Ляпичев- “Исследование вращательно-ударного бурения”-1998 г.
9. <https://patents.su/>.

Information about authors:

Annaqulov Tulqin Jovbekovich	– Head of the department of mining electromechanics, PhD, Associate professor; Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Republic of Uzbekistan ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3106-144X , e-mail: a.tulkin1275@yandex.ru
Otajonov Bahrom	– Senior lecturer at the department of Mining electromechanics, Tashkent State Technical University, 100095, Tashkent, University Str., 2, Republic of Uzbekistan ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8871-7724 , e-mail: bahrom9097@yandex.com

ОБЗОР И АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ПЕРЕГРЕВА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН**Истаблаев Ф.Ф.¹, Атакулов Л.Н.²**

*1 Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан,
г.Навои, Узбекистан*

*2 Навоийский государственный горно-технологический университет,
г.Навои, Узбекистан*

Doi: 10.5281/zenodo.15744338

АННОТАЦИЯ

Получено:
2025-05-10

Пересмотрено:
2025-05-13

Пересмотрено:
2025-05-28

Опубликовано:
2025-06-30

В статье рассматривается актуальная проблема перегрева крупногабаритных шин карьерных самосвалов, эксплуатируемых в условиях жаркого климата. Повышенная температура внутри шины, возникающая при движении, высоких нагрузках и интенсивной эксплуатации, приводит к ускоренному износу резины, расслоению, образованию внутренних дефектов и преждевременному выходу шин из строя. На основе анализа научной литературы, технической документации и экспериментальных данных подтверждена ключевая роль температурного фактора в снижении ресурса шин. Особое внимание уделено практическим и конструктивным мерам, направленным на снижение тепловой нагрузки. Среди них: совершенствование конструкции шин, использование дополнительных теплоизоляционных слоев во внутренней поверхности шин, применение газовых смесей с оптимальными теплопроводными характеристиками (в частности, смеси азота и аргона), а также использование встроенных датчиков давления и температуры для мониторинга состояния шины в реальном времени. Также рассматриваются производственные рекомендации по ограничению скорости, допустимой нагрузке и режиму движения. Сделан вывод о необходимости внедрения комплексного подхода и проведения дальнейших исследований, направленных на повышение ресурса шин и снижение аварийных рисков при эксплуатации карьерной техники в жарких и засушливых климатических условиях. Подчеркивается значимость взаимодействия в этом вопросе между производителями техники, специалистами по эксплуатации и научным сообществом для выработки оптимальных решений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

карьерные самосвалы, крупногабаритные шины, перегрев, температурный режим, износ, ресурс эксплуатации.

Введение

На современном этапе развития горнодобывающей промышленности основными способами транспортировки полезных ископаемых остаются автомобильный, железнодорожный и конвейерный транспорт. Среди них наиболее широкое распространение получил автотранспорт, отличающийся высокой мобильностью, способностью преодолевать большие уклоны, а также хорошей маневренностью.

В условиях эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых, находящихся в разработке у горно-металлургических предприятий Республики Узбекистан и производителей стройматериалов, преимущественно используются карьерные самосвалы марок «БелАЗ» (Республика Беларусь), «Cat» и «Caterpillar» (Соединенные Штаты Америки), «Komatsu» (Япония), а в последние годы – также китайские автосамосвалы марки «XCMG». К примеру, а АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» эксплуатируются 125 единиц автосамосвалов, из которых 88 единиц марки «БелАЗ» грузоподъемностью 130 тонн и 31 автосамосвал этого же белорусского производства, способных перевозить 220 тонн груза каждый. Кроме того, 5 единиц KRANTAS NMT-240 производства Узбекистана грузоподъемностью 236 тонн и 1 единица UZ XCMG XDE-120 грузоподъемностью 120 тонн [1].

Значительную долю в структуре эксплуатационных затрат на автосамосвалы составляют расходы на шины — от 25 до 30% и выше от всех транспортных издержек [2, 3, 4]. Следовательно, повышение ресурса эксплуатации крупногабаритных шин становится одним из ключевых направлений снижения общих затрат на автотранспорт.

Работа карьерных самосвалов в грузежном состоянии, особенно при продолжительных нагрузках, при движении по маршрутам с уклонами и в условиях высокой температуры окружающей среды (свыше 30°C), сопровождается перегревом шин [5]. Этот процесс ускоряет их износ, способствует расслоению, уменьшению срока службы и может привести к преждевременному выходу из строя. В некоторых случаях перегрев приводит к критическому разрушению шин, которое может сопровождаться их возгоранием или взрывом. Такие происшествия влекут за собой серьезные финансовые потери, длительные простои оборудования и значительные расходы на восстановительные работы. В связи с этим

разработка решений по снижению риска перегрева шин в условиях горных предприятий становится особо актуальной задачей.

Материалы и методы

В научной литературе представлено множество работ, посвященных проблемам повышения износостойкости шин и увеличения срока их службы. Исследование факторов, влияющих на долговечность автомобильных шин, проводилось такими авторами из Узбекистана и стран Содружества Независимых Государств, как Абдуллаев Э.К., Бабков В.Ф., Бухин Б.Л., Варченко В.Г., Горюнов С.В., Ковальчук В.П., Кульпин А.Г., Лебедев О.В., Непомнящий Е.Ф., Рахимов Р.Х., Топалиди В.А., Шермухамедов А.А., Юсупов У.Б., а также авторами стран дальнего зарубежья, как Baker C.S., Bacon R.H., Grinchuk P.S., Fisenko S.P., Segel L., Clark S.K., Verma M.K. и другими [6].

Несмотря на различия в подходах и методиках, все эти исследования объединяет стремление к улучшению эксплуатационных свойств шин. Их техническое состояние оказывает значительное влияние на управляемость транспортного средства, его устойчивость, комфортность и другие ходовые характеристики. На указанные параметры шин, в свою очередь, влияет множество факторов: конструкция, механические и физические свойства материалов, используемых при их производстве, а также условия эксплуатации и наработка.

Согласно результатам работы [2], с целью определения наиболее значимых факторов, влияющих на ходимость шин, было проведено априорное ранжирование с привлечением экспертов трех разных категорий.

В первую группу вошли научные сотрудники, которые выделили три главных фактора износа: внутреннее давление, рабочая температура в шинах и развал схождения. Водители с опытом свыше 10 лет, составлявшие вторую группу, указали те же ключевые параметры. Третья группа, представленная руководителями транспортных подразделений, также согласилась с данными выводами. Таким образом, рабочая температура шины является одним из основных факторов, определяющих скорость ее износа.

В исследовании [5] приведены результаты эксперимента, проведенного на карьере Амантай в Узбекистане. На протяжении года изучалось, как изменения температуры воздуха влияют на интенсивность изнашивания протектора шин технологического автотранспорта. Установлено, что при температуре выше 30°C возможность

естественного отвода тепла от шин резко снижается, в результате чего внутри них образуются отслоения, особенно в плечевой зоне.

По данным работы [7], температурный режим шин, находящийся в диапазоне от +24°C до +105°C, напрямую зависит от эксплуатационной скорости движения самосвалов и коэффициента использования грузоподъемности. Эти параметры варьировали соответственно от 8 до 18 км/ч и от 0,7 до 1,1. Зависимость температуры шины (Тш) отражена на рисунке 1.

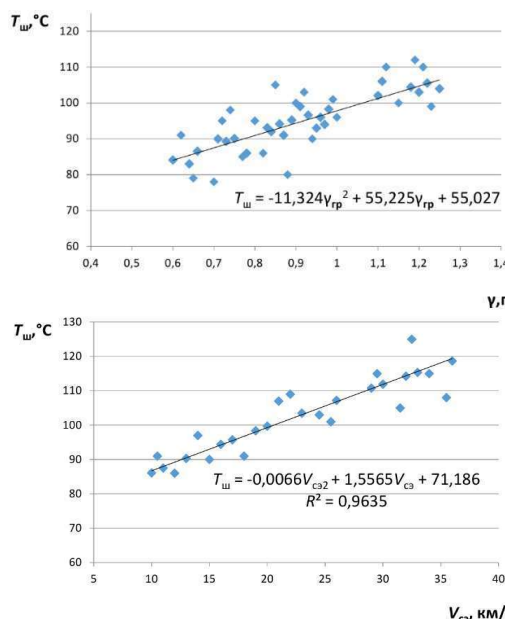


Рис. 1. Зависимость температуры шины $T_{ш}$ от коэффициента использования грузоподъемности $\gamma_{гр}$ (слева) и от скорости движения автосамосвала $V_{ср}$ (справа)

Для более глубокого понимания механизма перегрева шин необходимо рассмотреть, как она работает (рис. 2) [8]. В точке 1 — шина не нагружена. В точке 2 — по мере вращения деформируются боковые части, и начинается генерация тепла. Точка 3 показывает пятно контакта, где происходит максимальное тепловыделение. В точке 4 — выработка тепла постепенно уменьшается по мере возвращения в исходную позицию. С увеличением скорости движения самосвала возрастает частота циклов деформации шины, что усиливает тепловую нагрузку и увеличивает риск термического разрушения.

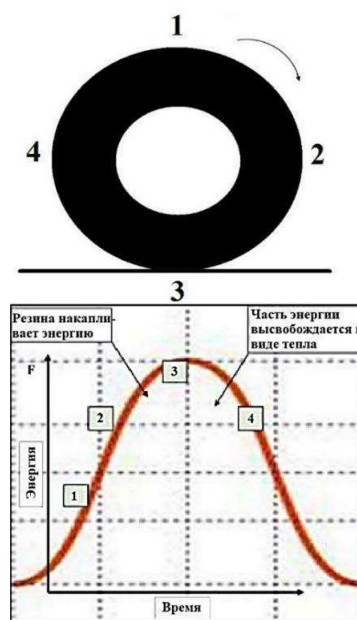


Рис. 2. Работа шины при вращении

Эксплуатация шин при высоких деформационных нагрузках, вызванных сниженным давлением, превышением допустимой нагрузки или скоростью, может привести к разрушению их каркаса и превращению шины в потенциально взрывоопасный объект. Дело в том, что при чрезмерном тепловом воздействии резиновая смесь шин может войти в стадию пиролиза, сопровождающуюся образованием горючих газов. Это значительно увеличивает вероятность критических разрушений шины.

Результаты

В целях предотвращения аварийных ситуаций, возникающих из-за перегрева крупногабаритных шин, производители разработали соответствующие эксплуатационные рекомендации.

Так, специалисты ОАО «Белшина» отмечают [8], что для обеспечения надежности и долговечности шин необходимо придерживаться параметров, установленных нормативно-техническими документами, регламентирующими условия их эксплуатации. В частности, средняя скорость движения карьерных самосвалов в течение смены должна корректироваться с учетом температуры окружающей среды и не должна превышать значения, указанные в табл. 1.

Внутреннее давление в «холодной» шине — это нормативное давление, установленное ГОСТ или ТУ, при котором температура шины равна температуре окружающего воздуха.

Таблица 1

Зависимость средней эксплуатационной скорости от температуры окружающей среды

Температура окружающей среды, °C	16 и ниже	20	25	30	35	38	40	45
Средняя эксплуатационная скорость, км/ч	19,0	18,5	17,5	17,0	16,5	16,2	16,0	15,0

Контроль давления должен осуществляться до начала движения, при температуре шины, равной температуре воздуха. В процессе эксплуатации шины нагреваются, что вызывает повышение давления: в среднем до 20 % — для диагональных шин и до 15 % — для радиальных, что предусмотрено их конструкцией.

Отклонение давления от нормы в любую сторону может привести к ускоренному и неравномерному износу протектора, а в ряде случаев — к повреждению шины. Так, при избыточном давлении наблюдается ускоренное стирание центральной части протектора, тогда как при пониженном — изнашиваются его боковые зоны.

С учетом вышензложенного, накачивание шин должно производиться до рекомендованного уровня давления в «холодном» состоянии. Исключением являются

случаи, когда температура окружающей среды на момент накачки шины существенно отличается от температуры воздуха в момент ее эксплуатации. В таких случаях необходимо выполнять температурную корректировку давления в соответствии с разницей температур Δt (°C) и соответствующим поправочным коэффициентом α (кПа), приведенным в табл. 2. При этом, если во время эксплуатации температура ниже, чем во время накачки, к давлению добавляется поправка со знаком «+»; если выше — со знаком «-».

Например, если при накачке в помещении температура составляла +30 °C, а рекомендованное давление — 600 кПа, то при последующей эксплуатации при температуре +10 °C шину следует накачать до давления 630 кПа в «холодном» состоянии.

Таблица 2

Поправка давления в зависимости от разницы температур

Разность температур окружающей среды и гаража Δt , °C	10	20	30	40	50	60
Поправка на номинальную величину давления α , кПа	20	30	50	70	80	100

В ряде рекомендаций производителей, в том числе в [8], указывается также на необходимость регулярных остановок техники для естественного охлаждения шин. Так, предлагается останавливать карьерный самосвал на 30 минут после каждых 80 км пробега либо каждых двух часов непрерывной эксплуатации, либо на 1 час после каждых четырех часов транзита.

Однако, в современных условиях, когда длительные остановки самосвалов до полного охлаждения шин экономически нецелесообразны и подобные меры в условиях жаркого и сухого климата могут оказаться недостаточно эффективными, а наращивание автопарка с целью ротации техники - привести к дополнительным затратам, это обуславливает необходимость поиска более рациональных и технически обоснованных решений данной проблемы.

В данной ситуации, на наш взгляд, возможны три направления решения проблемы.

Первый вариант — конструктивное совершенствование шин.

В рамках этого подхода могут рассматриваться как изменения состава резиновой смеси, так и доработка отдельных элементов конструкции шины — таких как боковина, протектор, а также улучшение теплоотвода от рабочей части шины.

Так, еще в 1950–1960-х годах предпринимались попытки создать шины со съемным протектором, выполненным в виде отдельных колец, надеваемых на каркас не накаченной шины. Основной мотивацией разработки служил тот факт, что наиболее подверженной износу частью шины является именно протектор.

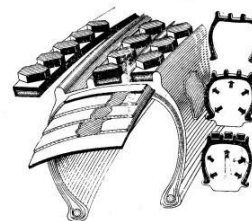


Рис. 3. Шина со съемными протекторными кольцами

Грузовые шины (см. рис. 3) данного типа выпускались серийно и находились в эксплуатации, однако среди водителей особой популярности не приобрели. По воспоминаниям очевидцев, кольца плохо удерживались на каркасе, особенно если давление в шине снижалось. При пониженном давлении кольца могли смещаться или даже слетать во время движения. Также наблюдалось их проскальзывание на высокой скорости, сопровождающееся интенсивным нагревом, вплоть до возгорания. При движении по неровным дорогам, в условиях глубокой колеи или при пересечении железнодорожных путей, такие шины требовали повышенного внимания: кольца могли сместиться, повредить каркас и даже сойти с шины, в связи с чем их целостность приходилось проверять после каждого подобного участка. Кроме того, эти шины, как и большинство радиальных шин того времени, отличались высокой уязвимостью тонкой боковины к механическим повреждениям — ударам и порезам [6, 9, 10].

Существуют также примеры шин с регулируемым внутренним давлением. Подобные шины устанавливаются на автомобили высокой проходимости, работающие в условиях, когда необходимо оперативно переключаться между движением по хорошим дорогам и бездорожью. Такие машины оснащаются системой централизованной подкачки, позволяющей водителю прямо из кабины регулировать давление воздуха в шинах в процессе движения.

Еще одним решением являются алочные шины (рис. 4), преимущественно устанавливаемые на задние оси грузовиков с одним ведущим мостом. Их основное назначение — повышение проходимости техники при движении по размякшему грунту, рыхлому снегу, песку, пахоте, заболоченной местности и другим труднопроходимым участкам. Эффект достигается за счет увеличенной площади контакта с поверхностью, снижения удельного давления на грунт, а также наличия протектора с высокими грунтозацепами. Однако такие шины имеют пониженную боковую устойчивость по сравнению с обычными, их срок службы при эксплуатации на твердом покрытии существенно ниже, а расход топлива может увеличиваться до 15 % [9].

Следует отметить, что все перечисленные конструктивные решения применяются в основном для легковых и обычных грузовых автомобилей. Однако в открытых источниках отсутствует информация об их применении на карьерных автосамосвалах, что создает

предпосылки для дальнейших научных исследований в данном направлении.

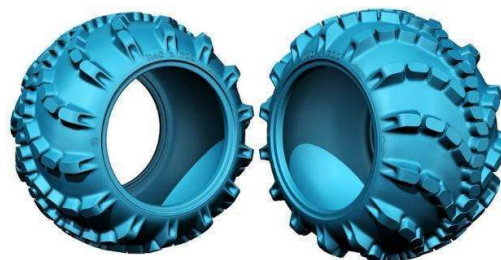


Рис. 4. Алочная шина

Одним из инновационных решений в мировой шинной промышленности является разработка компании MICHELIN — X-Tweel. Однако это изделие представляет собой уже не шину в традиционном понимании, а цельное колесо. Его особенностью является полное отсутствие воздуха — то есть оно не может быть проколото. Упругое внешнее кольцо с протектором крепится к металлическому диску посредством прочных полиуретановых мембран, которые эффективно амортизируют дорожные неровности. Жесткий слой под протектором обеспечивает равномерный контакт с дорожной поверхностью, что улучшает передачу крутящего момента. Протектор подлежит восстановлению как методом холодной, так и горячей вулканизации — и так многократно [6, 11].

Тем не менее, данное решение ориентировано преимущественно на легковые автомобили. С учетом конструктивных и нагрузочных особенностей, подобные безвоздушные колеса маловероятно применимы к крупногабаритным шинам карьерных машин. Для разработки соответствующих решений необходимы фундаментальные междисциплинарные исследования с участием научных коллективов из разных стран.

Второй вариант — подбор оптимального состава газовой смеси для накачивания шин.

В этом случае требуется провести сравнительный анализ различных газов и их смесей по следующим критериям:

а) теплопроводность — способность вещества передавать тепловую энергию от более нагретых участков к менее нагретым за счет хаотического движения частиц (молекул, атомов, электронов). В рассматриваемом случае — чем ниже теплопроводность, тем выше способность газа препятствовать перегреву;

б) теплоемкость — физическая величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо для изменения температуры термодинамической системы на 1 К. Другими

словами, чем выше теплоемкость газа, тем больше тепла он способен поглотить без значительного повышения температуры;

в) стабильность давления - важная характеристика с точки зрения безопасности эксплуатации. Например, атмосферный воздух из-за содержания влаги и кислорода обладает умеренной стабильностью;

г) стоимость – ключевой экономический фактор, определяющий целесообразность применения того или иного газа в масштабах промышленной эксплуатации.

Производители шин [8] в целях предотвращения риска критического разрушения и возгорания рекомендуют использовать для накачивания азот (N₂) — нейтральный и негорючий, исключающий возможность воспламенения газа внутри шины. Помимо этого, азот имеет ряд других преимуществ: низкая скорость диффузии через поры резины по сравнению с воздухом, а также отсутствие окислительных свойств, что снижает риск коррозии металлических компонентов и старения резины.

Учитывая, что атмосферный воздух на 78 % состоит из азота, его можно использовать в качестве основы для создания более эффективной смеси путем введения дополнительных компонентов — например, инертных газов.

Так, в патенте РФ №2010730830 описана специальная газовая смесь «DRIVE-MG» [12],

предназначенная для использования в амортизационных системах и шинах транспортных средств. Она состоит из инертных газов. Авторы утверждают, что смесь не вступает в химические реакции ни с материалом шины и обода, ни с иными веществами, безопасна и стабильна в эксплуатации. По сравнению с воздухом, данная смесь обладает меньшей плотностью, более низким термическим коэффициентом давления и большей размерностью молекул. Кроме того, она требует меньших затрат энергии для сжатия, демонстрирует лучшие амортизационные свойства и стабильность давления при изменении температуры.

Однако данная смесь прошла испытания только на легковых автомобилях и не была протестирована на шинах крупногабаритной техники. Кроме того, в ее состав входят дорогостоящие компоненты, такие как неон (12–19 %) и гелий (3,1–5,4 %), что существенно повышает стоимость применения в промышленном масштабе.

На наш взгляд, в качестве более доступной и технологически оправданной альтернативы могут рассматриваться чистый азот, аргон (самый распространенный инертный газ в земной атмосфере), а также их смеси, в том числе с воздухом. Сравнительный анализ по основным параметрам с приближенными расчетами представлен в табл. 3.

Таблица 3

Возможные варианты газов и их параметры при нормальных условиях
(температура: 25°C, давление: 1 атм, объем: 1 м³, газовая постоянная: R=8,314 Дж/моль·К)

Газ или смесь	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)	Масса, кг	Объемная теплоемкость, кДж/(м ³ ·К)
Воздух	0,0262	1,005	1,185	1,19
Азот (N ₂)	0,0259	1,040	1,147	1,19
Аргон (Ar)	0,0177	0,520	1,635	0,85
80% азот + 20% аргон	~0,0243	~0,911	1,232	1,123
60% азот + 40% аргон	~0,0227	~0,774	1,333	1,031
80% воздух + 20% аргон	~0,0245	~0,881	1,283	1,131

Если принять во внимание, что аргон в среднем в 2 раза дороже азота [13], из данных таблицы становится очевидно, что наиболее экономичным вариантом является использование чистого азота (N₂) — он существенно лучше воздуха по эксплуатационным характеристикам, не содержит влаги, меньше расширяется при нагреве и доступен по цене.

Оптимальный баланс между стоимостью и эффективностью демонстрирует смесь 80 % азота и 20 % аргона. Такая комбинация снижает нагрев лучше, чем чистый азот, и остается доступной по цене.

Максимальное снижение температуры возможно при использовании смеси 60 % азота и 40 % аргона, однако в этом случае требуется более тщательная технико-экономическая

оценка целесообразности применения такой смеси.

Третий вариант – дополнительная термоизоляция внутренней поверхности шин.

Суть этого подхода заключается в нанесении на внутреннюю поверхность шины специального термоизолирующего покрытия, способного снижать температуру нагрева в процессе эксплуатации. Для достижения требуемого эффекта материал должен обладать низкой теплопроводностью, высокой теплоемкостью и термической устойчивостью.

Кроме того, важно учитывать, что шина находится в постоянном движении, подвержена деформациям и вибрациям, а значит, покрытие должно быть эластичным, адгезионно стойким и не отслаиваться в динамике.

Литературный обзор показал, что потенциально подходящими могут быть силиконовые и другие виды жидкой термоизоляционной резины, успешно применяемые, например, в строительной отрасли. Однако необходимо установить, не окажет ли выбранное покрытие негативного влияния на свойства самой резины, ведь в процессе движения молекулы в структуре материала также нагреваются из-за внутреннего трения. Следовательно, возможность их использования в составе шин требует специальных экспериментальных исследований.

Выводы

В условиях интенсивной эксплуатации карьерных самосвалов в жарком климате Узбекистана перегрев крупногабаритных шин становится одной из ключевых проблем, влияющих на безопасность, техническое состояние и экономическую эффективность горнотранспортных работ. Проведенный анализ отечественных и зарубежных источников, а

также практические данные показывают, что рабочая температура шины является одним из важнейших факторов, определяющих ее износ, вероятность разрушения и срок службы.

Существующие рекомендации производителей шин (например, ОАО «Белшина») охватывают важные эксплуатационные параметры, такие как давление и допустимая скорость в зависимости от температуры окружающей среды. Однако в современных условиях эти меры становятся недостаточными: длительные остановки самосвалов или дополнительная техника для ротации не всегда оправданы экономически, а климатические условия затрудняют естественное охлаждение шин.

Таким образом, задача повышения ресурса шин требует новых, технически обоснованных подходов. Наиболее перспективными направлениями являются:

- Конструктивные совершенствования шин (изменение состава резины, улучшение теплоотвода, доработка отдельных элементов конструкции шины);
- Подбор оптимального состава газовой смеси для накачивания шин (наиболее оптимальный состав может включать азот и аргон);
- Дополнительная термоизоляция внутренней поверхности шин (использование силиконовых и других видов жидкой термоизоляционной резины).

Однако для подготовки окончательных рекомендаций, требуются дополнительные исследования, о результатах которых будет сообщаться в следующих статьях. В целом же, разработка экономически обоснованных решений по предотвращению перегрева шин остается актуальной задачей для повышения безопасности и надежности карьерной техники.

REVIEW AND ANALYSIS OF OVERHEATING FACTORS IN LARGE-SIZE TIRES

Istablaev F.F.,¹ Atakulov L.N.²

*1 Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Navoi, Uzbekistan*

*2 Navoi State Mining and Technology University
Navoi, Uzbekistan*

ABSTRACT

Received:
2025-05-10

The article addresses the pressing issue of overheating in large-size tires of quarry dump trucks operating in hot climates. The elevated temperatures inside the tires, resulting from movement, high loads, and intensive use, lead to accelerated rubber wear, delamination, the formation of internal defects, and premature tire failure. Based on an analysis of scientific literature, technical documentation, and

Revised: 2025-05-13
Accepted: 2025-05-28
Published: 2025-06-30

experimental data, the critical role of temperature in reducing tire lifespan has been confirmed. Special attention is given to practical and design measures aimed at reducing thermal load. These include: improving tire design, applying additional insulation layers to the inner surface of the tires, using gas mixtures with optimal thermal conductivity properties (particularly nitrogen and argon mixtures), and installing built-in pressure and temperature sensors for real-time monitoring of tire condition. Additionally, production recommendations on speed limits, permissible loads, and driving modes are discussed. The conclusion emphasizes the need for a comprehensive approach and further research aimed at enhancing tire durability and reducing operational risks when using quarry equipment in hot and arid climates. The importance of collaboration between equipment manufacturers, operators, and the scientific community in developing optimal solutions is highlighted.

KEY WORD mining dump trucks, large-size tires, overheating, temperature regulation, wear, service life.

Список литературы

1. Xursanov A.X., Sanakulov R.B., Toshov J.B., Xarin A.V., Abdullaev A.L. Karerlarda avtosamosvallardan foydalanishning optimal muddatini aniqlash // Кончилилик машиналари ва жихозлари №1 (11). 2025. 4-8 b (<https://doi.org/10.5281/zenodo.15236985>).
2. Абдулаев Э.К., Махараткин П.Н., Кошкина Е.П., Пумпур Е.В. Экспериментальные исследования зависимости влияния температуры шины на ее свойства // «Горная Промышленность» №3 (145). 2019. С. 98-99 (<http://dx.doi.org/10.30686/1609-9192-2019-3-145-98-99>).
3. Горюнов С.В. Функциональная модель прогнозирования долговечности шин карьерных автосамосвалов // Известия МГТУ «МАМИ» №2 (16), 2013, т. 1. С. 149-154.
4. Мухитдинов А.А., Юсупов У.Б. Оценка влияния продольного уклона карьерных дорог на ресурс крупногабаритных шин // Механика ва технология илмий журналы, Т-2023, №2 (11). С. 92-103.
5. Юсупов У.Б., Мухитдинов А.А., Тухтамишов С.С. Влияние температуры окружающей среды на интенсивность износа шин // Miasto Przyszłości. Vol. 31 (2023). С. 293-299.
6. Истаблаев Ф.Ф., Атакулов Л.Н., Хайдаров Ш.Б. Обзор и анализ методов ремонта крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов // Цифровые технологии в промышленности №3. 2025. (<https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.3.2.2025.15>).
7. Абдулаев Э.К., Махараткин П.Н., Кужелев А.И., Атрощенко В.А. Априорное ранжирование и анализ факторов, влияющих на износ шин // Известия Уральского государственного горного университета. 2020. Вып. 1(57). С. 164-169 (<https://doi.org/10.21440/2307-2091-2020-1-164-169>).
8. Руководство по эксплуатации карьерных и промышленных шин радиальной и диагональной конструкции. Белшина-2024. 49 с (<https://www.belshina.by/cn/about-company/dlya-potrebitelya>).
9. Данные с сайта «Строй-Техника.ру» (<https://stroy-technics.ru/article/drugie-vidy-shin>).
10. Данные с сайта Дзен (<https://dzen.ru/a/YQIP8FEL-mJ4poWZ>).
11. Кучумова А. Совершенно здоровые шины // «Добывающая промышленность» №4 (16). 2019 (<https://dprom.online/mtindustry/sovershenno-zdorovyie-shiny/>).
12. Данные с сайта компании “Drive-MG” (<https://drive-mg.tb.ru/>).
13. Данные с порталов Glots.uz и Stroyka.uz.

Об авторах:

Истаблаев Февзи Фератович	– старший научный сотрудник отдела «Машиностроение, приборостроение и автоматизация», Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан, 210100, Республика Узбекистан, Навоийская обл., г.Навои, ул. М.Таробий, 44а-82. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2808-6566 , e-mail: fevzi_xkm@mail.ru
Атакулов Лазизжон Нематович	– доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Горн: электромеханика», Навоийский государственный горно-технологический университет, 210100, Республика Узбекистан, Навоийская обл., г.Навои, у М.Таробий, 44в-38. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3561-8850 , e-mail: laziz218@mail.ru