СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РАЗРУШЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

[1]Истаблаев Ф.Ф., [2]Атакулов Л.Н.

[1]Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан, Навои, Узбекистан.

[2]Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан.

Doi: 10.5281/zenodo.23663355

АННОТАЦИЯ В статье рассмотрена проблема теплового разрушения крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов, эксплуатируемых в условиях жаркого аридного климата. Выполнен анализ основных причин выхода шин из строя, включая износ, механические повреждения и тепловые разрушения, а также рассмотрены существующие подходы к предотвращению перегрева, основанные на контроле давления и температуры воздуха в шинах и расчете показателя тонно-километров в час (ТКВЧ). На примере эксплуатации автосамосвала БелАЗ-7547 в условиях карьера АО «Qizilqumsement» выполнена оценка фактического значения ТКВЧ при различных температурах окружающего воздуха, которая показала возможность превышения допустимого теплового режима в летний период. На основе результатов натурных наблюдений и тепловизионных измерений предложен способ предотвращения перегрева крупногабаритных шин, основанный на их периодическом охлаждении при проезде через специальную водяную ванну. Разработана конструкция охлаждающей ванны, приведены зависимости для определения ее основных геометрических параметров и объема, а также предложена двухконтурная система охлаждения с использованием чиллера и пластинчатого теплообменника. Результаты теплового расчета показали, что применение предлагаемого технического решения обеспечивает снижение температуры наружного слоя шины, что способствует предотвращению достижения критических температур и повышению эксплуатационной надежности крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА карьерный автосамосвал, крупногабаритные шины, тепловое разрушение, перегрев, тепловой режим, ТКВЧ, охлаждающая ванна, тепловизионный контроль, надежность.

Введение. Значительная доля издержек в эксплуатации автосамосвалов при транспортировке горной породы на карьерах связана с закупкой и обслуживанием шин. В структуре транспортных расходов она составляет от 25 до 30% и выше [1, 2]. Так, предприятию АО «Навоийский ГМК» ежегодно требуется более 5000 единиц данной продукции, а расходы на нее составляют до 19,7% от совокупных затрат [3, 4]. В связи с этим продление ходового ресурса крупногабаритных шин (КГШ) является ключевой задачей для оптимизации себестоимости перевозок.

Эксплуатация карьерных самосвалов в груженом состоянии, особенно при длительных циклических нагрузках, движении на подъем и повышенной температуре окружающего воздуха (свыше +30°С), характеризуется интенсивным тепловыделением в структуре шин [5, 6]. Данный фактор проявляется наиболее остро в условиях засушливого резко континентального климата Узбекистана, где летняя температура воздуха в тени превышает +44°С, а в Кызылкумском горнорудном регионе сезонный температурный диапазон составляет от -25°С зимой до +50°С летом [4]. Гипертермический режим вызывает ускоренное изнашивание протектора, деструкцию и расслоение конструктивных элементов КГШ, сокращает их срок службы и приводит к преждевременному выходу из строя. В критических случаях термодеструкция обусловливает аварийное разрушение шин, сопровождающееся их взрывом или возгоранием. Подобные инциденты приводят к значительным финансовым убыткам, вызывают длительные простои технологического оборудования и требуют существенных затрат на ликвидацию последствий.

Изложенное свидетельствует о высокой научно-практической значимости разработки технико-технологических решений, ориентированных на предотвращение критического перегрева крупногабаритных шин в условиях действующих горных производств.

Материалы и методы. По мнению ряда исследователей, причины отказов КГШ можно разделить на три основные группы [1, 3, 4, 7, 8, 9]:

Износ, что является следствием взаимодействия шины с дорожным полотном, а скорость и манера вождения, погодные условия – сопутствующие факторы. Он может быть *естественным (равномерным)*, при котором допускается эксплуатация до второго видимого слоя брекера, *неравномерным (односторонним, пилообразным)*, вызванным неисправностью техники, что приводит к дополнительному трению при качении колеса либо связанным с высокой скоростью в виражах; *ускоренным агрессивным*, при котором резина протектора имеет многочисленные вырывы, что может быть вызвано крупностью фракции и твердостью материала подсыпки дорожного полотна, выбором шины с несоответствующей резиновой смесью протектора, проскальзыванием на твердой агрессивной поверхности.

Механические повреждения, которые являются следствием наезда на острые предметы, в том числе острые камни, скальные обломки, выбоины с жесткими краями и металлические предметы либо повреждения шины при перемещении, монтаже и по другим причинам. Это может быть *сквозной прокол или пробой протектора* с повреждением всех слоев шины, включая каркас и гермослой (обычный прокол ремонтопригоден по размеру, а пробой, вызванный наездом на острый предмет на высокой скорости, ведет к мгновенному разрыву шины и приводит ее в неремонтопригодное состояние); *порез с последующим отслоением*, когда после наезда на острый предмет пробивается резина протектора, но тросы каркаса и гермослой остаются неповрежденными, однако из-за дальнейшей езды развивается неремонтопригодная коррозия вдоль тросов брекера (ускоряется при нагреве резины); *сквозной порез боковины*, возникающий обычно в зонах погрузки от контакта со скальными обломками или падающими камнями (ремонтопригодность зависит от размера); *вздутия боковины с разрывом или без* из-за повреждения борта при монтаже или перемещении, проявляющиеся в деформациях и скрытых повреждениях посадочной резины (вплоть до металла) из-за нарушения технологии сборки (без стенда, без смазки) либо грубого контакта с вилами и крюками погрузочной техники (неремонтопригодно).

Тепловые разрушения, вызванные воздействием на резину высоких температур. **Это может быть *отслоение резины протектора из-за перегрева*** *(рис. 1)*, при котором резина необратимо теряет свойства (темнеет, становится липкой, появляется запах гари и сажа), а внутри массива образуется растущая при каждом обороте полость (при этом тросы обычно не оголяются, но резина между ними выгорает). Процесс чаще возникает на шинах передней оси (особенно новых) и вызван превышением параметров ТКВЧ, избыточной скоростью или несоответствием давления нагрузке; *поражение электрическим током; возгорание (внутреннее, наружное).* Повреждение является неремонтопригодным.



Рис. 1. Тепловое разрушение шины: отслоение резины в области протекторной части вследствие перегрева и развитие термического повреждения в поперечном направлении

Кроме того, выделяют повреждения, связанные с усталостью каркаса и брекера, проявляющиеся появлением на резине микротрещин, а также перегрузом/недокачкой, связанными с давлением воздуха в шине (рис. 2) [3, 4, 9].

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что естественный износ шин при эксплуатации неизбежен. Предотвратить ускоренный износ и продлить срок их службы можно, улучшив состояние дорог, чтобы их покрытие, а также уклоны и радиусы поворота соответствовали нормам. В научной литературе представлено множество работ, посвященных решению этой проблемы. Исследование факторов, влияющих на долговечность шин, проводилось такими авторами из Узбекистана и стран СНГ, как Абдуллаев Э.К., Бухин Б.Л., Горюнов С.В., Исраилов М.Э., Кульпин А.Г., Лебедев О.В., 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., Segel L., Clark S.K., Verma M.K. и другими [1, 3, 7].

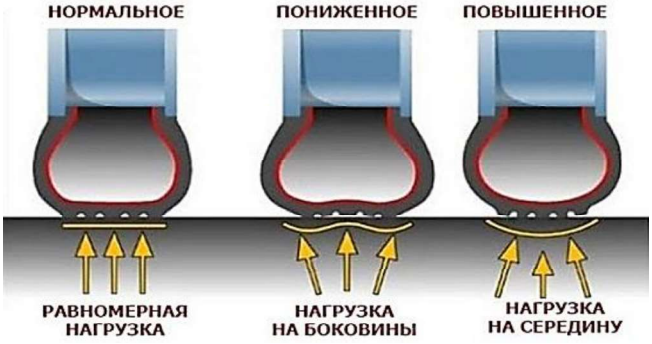


Рис. 2. Влияние нарушений норм давления воздуха в шинах на использование ресурса ходимости: *при нормальном давлении воздуха - ходимость 100% (равномерная нагрузка); при пониженном давлении - нагрузка на боковины, снижение ресурса на 30%; при повышенном давлении - нагрузка на середину, снижение ресурса на 20%*

Наличие или отсутствие механических повреждений на шинах во многом зависит от опыта водителей автосамосвалов и обслуживающего персонала – механиков и шиномонтажников.

Тепловые разрушения связаны непосредственно с условиями эксплуатации. Имеются рекомендации по их предотвращению, в том числе вышеперечисленных исследователей, однако они ограничиваются контролем давления и расчетом показателя тонно-километров в час (ТКВЧ).

ТКВЧ представляет собой комплексный критерий производительности шин и выражается в виде функции, зависящей от средней эксплуатационной скорости и средней рабочей нагрузки. Этот параметр рассчитывается для базовой температуры окружающего воздуха +38°С, а при отклонении от этого показателя значение показателя корректируется. Основное назначение ТКВЧ заключается в установлении оптимальных режимов работы карьерных автосамосвалов по критерию теплообразования, то есть он зависит от максимально разрешенной внутренней рабочей температуры шины [4, 9, 10].

Выделяют номинальный, базовый и фактический ТКВЧ. Под *номинальным* Tn понимается паспортное нормативное значение, устанавливаемое заводом-изготовителем по результатам стандартных испытаний для обеспечения безопасной эксплуатации.

Для отражения специфики конкретной рабочей площадки рассчитывается *базовый* показатель ТКВЧ Tp, определяемый по формуле:

$$Tp = Qm \cdot Vm, \text{ т·км/ч} \qquad (1)$$

где Qm – средняя эксплуатационная нагрузка на шину, которая рассчитывается как полусумма нагрузок, приходящихся на шину в груженом и порожнем состояниях карьерного самосвала, т; Vm – средняя скорость движения в рамках рабочего цикла, км/ч.

Определение *фактического* ТКВЧ Tf требует обязательного учета трех дополнительных эксплуатационных факторов. При протяженности транспортных маршрутов свыше 5 км вводится корректирующий коэффициент K_1 (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость коэффициента K_1 от протяженности маршрута цикла L, км

L, км	K_1	L, км	K_1	L, км	K_1	L, км	K_1	L, км	K_1
1		11	1,13	21	1,19	31	1,21	41	1,23
2		12	1,14	22	1,19	32	1,21	42	1,23
3		13	1,15	23	1,20	33	1,22	43	1,23
4		14	1,16	24	1,20	34	1,22	44	1,23
5	1,00	15	1,16	25	1,20	35	1,22	45	1,23
6	1,04	16	1,17	26	1,20	36	1,22	46	1,23
7	1,06	17	1,17	27	1,21	37	1,22	47	1,23
8	1,09	18	1,18	28	1,21	38	1,22	48	1,23
9	1,10	19	1,18	29	1,21	39	1,22	49	1,23
10	1,12	20	1,19	30	1,21	40	1,22	50	1,23

При температуре окружающего воздуха более 38°С вводится корректирующий коэффициент K_2. Он вычисляется по формуле:

$$K_2 = 1 / (1 – (0{,}4 \cdot (T_А – T_Б) / Vm)) \quad (2)$$

где $T_А$ - температура воздуха, за которую принимается максимальная зафиксированная в тени температура в самый жаркий период, °С; $T_Б$ = 38°С - базовая температура, применяемая к базовому показателю ТКВЧ площадки.

Кроме того, для учета прочности горных пород, формирующих покрытие карьерных автодорог, применяются коэффициенты корректирования K_3. Для условий АО «Алмалыкский ГМК» данное значение составляет K_3=1,12; для АО «Qizilqumsement» - K_3=1,0; а для АО «Узбекуголь» - K_3=0,8 [11].

Таким образом, итоговый расчет фактического ТКВЧ производится по формуле:

$$Tf = Tp \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \text{ т·км/ч} \quad (3)$$

После проведения расчетов в случае, когда Tn > Tf, то есть паспортный показатель ТКВЧ шины превышает фактический ТКВЧ рабочей площадки, выбранная модель шины полностью пригодна для эксплуатации в текущих условиях. Если Tn < Tf, шина признается непригодной для использования на данном объекте.

Расчеты. В качестве примера для расчетов выбран автосамосвал БелАЗ 7547, который эксплуатируется в условиях карьера Горный АО «Qizilqumsement». Согласно паспортным данным, вес порожнего автосамосвала составляет 33 т, а груженого – 78 т, средняя скорость движения Vm=15км/ч. На нем используется 6 КГШ марки Techking 21.00R35 стандартного компаунда, ТКВЧ у которых 210 т·км/ч.

Согласно данным [12], в тени температура в самый жаркий период на карьере предприятия составляет $T_А$ = +47 °С, а максимальная протяженность маршрута за один цикл L=20 км (горная масса транспортируется от карьера сланцев на расстояние до 10 километров в одну сторону).

Расчеты показали следующее:

а) при температурах от 40 до 44°С Tn > Tf (210 > 174,2-196,3): шины пригодны для эксплуатации;

б) при температуре 46°С Tf вплотную приближается к критическому паспортному лимиту шины Techking (209,7 ≈ 210): шина работает на пределе и подвергается риску перегрева;

в) при максимальной температуре 47°С Tn < Tf (210 < 217,1): шина непригодна для использования в пиковую жару без организационных мер (рис. 3).

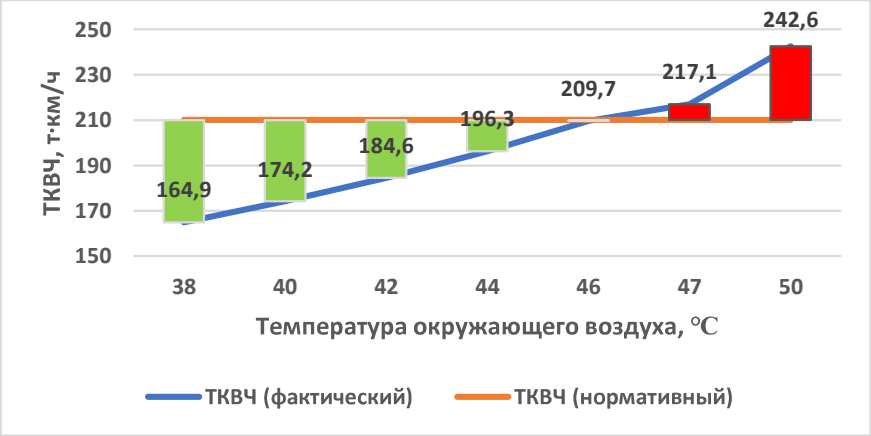


Рис. 3. Фактический ТКВЧ для шин Techking 21.00R35, используемых на автосамосвале БелАЗ-7547 в условиях АО «Qizilqumsement»

В таких случаях возможны следующие варианты решения проблемы:

- замена шин на теплостойкие этого же или другого бренда, но стоимость шин может быть в разы выше;
- снижение скорости, уменьшение полезного груза либо сокращение количества рейсов, но это ограничивает использование всех возможностей автосамосвала;
- применение технических решений по контролю или снижению температуры шин.

Обсуждение. Согласно обзору [3, 7, 13], превышение температуры воздуха внутри шины отметки 85°С считается критическим. Рост этого показателя до 110°С запускает термическое разложение (пиролиз) резиновой смеси с выделением взрывоопасных газов - водорода и метана, что вызывает резкий скачок давления и создает угрозу взрыва.

При этом в научной среде нет единого мнения о предельном нагреве элементов каркаса. Часть авторов [14, 15] заявляет, что установившаяся температура резинового корда должна оставаться в

пределах 100°C. Другие исследователи отмечают, что для модифицированных бескамерных шин опасным является нагрев до 110–120°C и выше [6, 16]. Дальнейшее термическое воздействие приводит к деструкции колеса из-за падения механической прочности кордовых нитей и ухудшения их связи с резиной.

Ниже рассмотрены технические решения данной проблемы.

1. Контроль температуры шин.

Для контроля температуры современным решением для карьерной техники являются автоматизированные системы контроля давления и температуры (СКДТ), обеспечивающие непрерывный мониторинг шин в процессе эксплуатации.

В основе работы СКДТ лежит циклический сбор и анализ данных. После включения зажигания система с заданным интервалом считывает показатели с датчиков и сравнивает их с нормативными значениями. В штатном режиме устройство работает как пассивный наблюдатель, выводя текущие параметры на экран. При фиксации опасных отклонений активируется звуковое или визуальное оповещение с указанием локализации проблемного колеса [3, 17].

Измерительные элементы систем делятся на два типа. Внешние датчики накручиваются на вентиль колеса (рис. 4а). Их программирование занимает около 15 минут, а монтаж на всю машину - не более 2 часов. Главное преимущество - высокая ремонтопригодность (замена при сбое занимает до 5 минут), однако они сильнее подвержены механическим воздействиям среды.



а б

Рис. 4. Пример установки датчиков СКДТ: а – внешний датчик, накрученный на вентиль колеса; б – внутренний датчик, приклеенный пластырем внутрь шины

Внутренние датчики монтируются непосредственно внутрь шины (рис. 4б) с помощью специальных пластырей. Они надежно защищены от внешних факторов, но требуют проведения шиномонтажных работ, а их замена приводит к долгосрочной остановке техники.

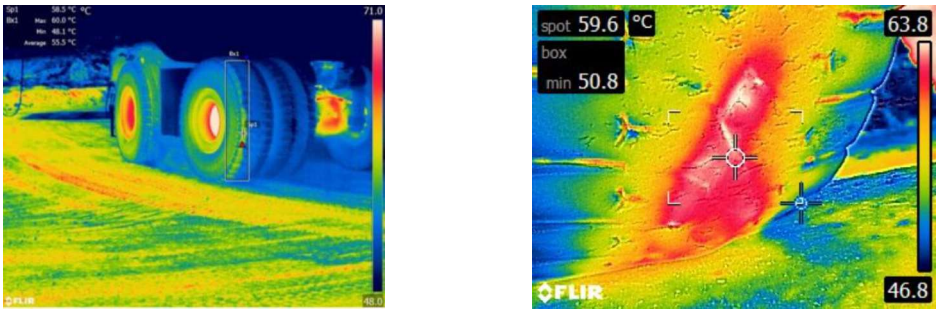
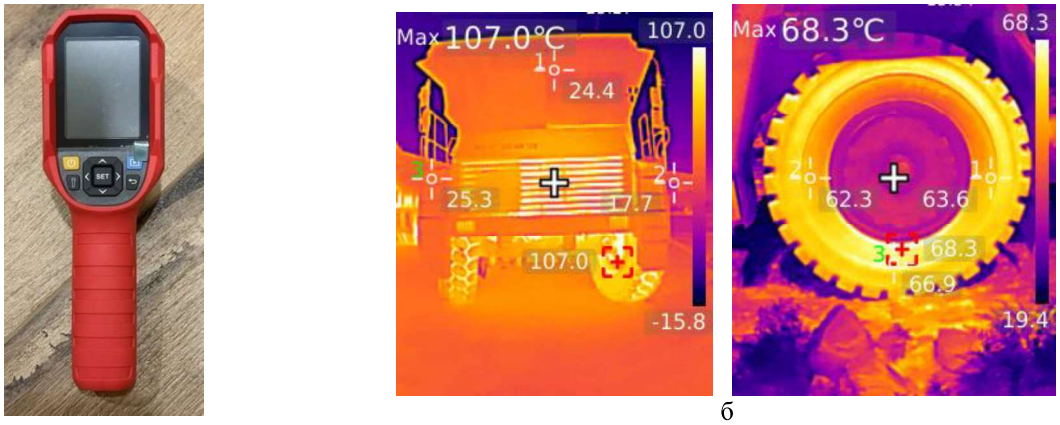


Рис. 5. Пример работы системы Pitcrew AI

Альтернативой является Pitcrew AI - система на базе тепловизионных камер FLIR и технологий искусственного интеллекта [18]. Использование ИИ-алгоритма, обученного на библиотеке ИК-изображений, позволяет выявлять дефекты на ранних стадиях, предотвращая отказы оборудования и аварии (рис. 5).

2. Применение охлаждающей ванны для шин.

Для изучения ситуации в реальных условиях карьеров АО «Qizilqumsement» проведены наблюдения за работой автосамосвалов БелАЗ-7547 и измерения температуры используемых в них КГШ Techking 21.00R35 при помощи показаний тепловизора UNI-T Uti260B (рис. 6а) [10].



а б

Рис. 6. Внешний вид тепловизора UNI-T Uti260B (а) и пример демонстрации показаний в инфракрасном диапазоне (б)

Измерения показали, что шины поливооросительной техники на базе БелАЗ-7547, внешне нагревались меньше на 7-10°С, чем КГШ такого же автосамосвала, транспортирующего горную породу. Обе машины покрывали одинаковое расстояние. Отличие было лишь в том, что у водовоза шины были мокрыми из-за полива.

Данное наблюдение позволило предположить, что так же, как нагрев из-за гистерезиса внутренних слоев резины шины может нагреть внешнюю часть (брекер, протектор), так и охлаждение наружной части шины водой может охладить внутренние слои и поддерживать общую температуру КГШ в допустимых пределах, не давая разогреваться выше критических значений. При этом кратковременный контакт нагретой шины с водой, у которой температура составляет 20–25°С, не приводит к критическим термическим напряжениям в материале шины.

Однако простой полив шин, когда вода попадает на металлические части колеса, может привести к коррозии материала. Также нежелательно попадание холодной воды на перегретые металлические части тормозной системы, что может вызвать напряжения и трещины в них.

Для решения поставленной задачи предлагается сконструировать систему водяного охлаждения КГШ самосвалов, основой которой является проездная охлаждающая ванна в виде канала с трапецеидальным поперечным сечением и наклонными боковыми стенками (рис. 7). Применение данного профиля позволяет снизить объем охлаждающей жидкости, уменьшить гидродинамические возмущения при проезде самосвала и повысить устойчивость конструкции.

Для вычисления объема воды необходимо определить параметры трапеции, лежащей у основания ванны, – длину (a) и ширину (b) прямоугольной площадки, глубину погружения шины в воду (h) и угол наклонной части для въезда и выезда автосамосвала (α). Первые три параметра напрямую зависят от габаритов самого автосамосвала и крупногабаритной шины.

По правилам безопасности, ширина проезжей части для технологического транспорта должна составлять не менее 1,5 ширины автосамосвала (ba/c). Соответственно, ширину площадки можно определить по формуле:

$$b = 1{,}5 \cdot ba/c, \text{ м} \qquad (4)$$

Длину нижней площадки (a) стоит рассчитывать из принципа, что колесо должно сделать минимум два полных оборота в воде, а глубина погружения (h) составлять высоту профиля шины и доходить до нижней отметки обода колеса, тогда:

$$h = (D\text{-}dоб) / 2, \text{ м} \qquad (5)$$

где D – наружный диаметр колеса (к примеру, для шин 21.00R35 он составляет 2,05 м);

dоб - посадочный диаметр обода (35 дюймов ≈ 0,889 м).

Чтобы найти длину прямоугольной площадки (a) нужно длину окружности шины (Lш) увеличить в два раза:

$$a = 2 \cdot Lш = 2 \cdot \pi \cdot D, \text{ м} \qquad (6)$$

Наиболее агрессивное воздействие на резину оказывает движение на продольных уклонах крутизной более 8% [3, 4], поэтому желательно принимать α = 8%.

Для нахождения длины водной поверхности, то есть большего основания трапеции (A), необходимо рассчитать длину горизонтальной проекции одного пандуса (x). Это можно сделать, воспользовавшись формулой:

$$x = 100 \cdot h / \alpha, \text{ м} \qquad (7)$$

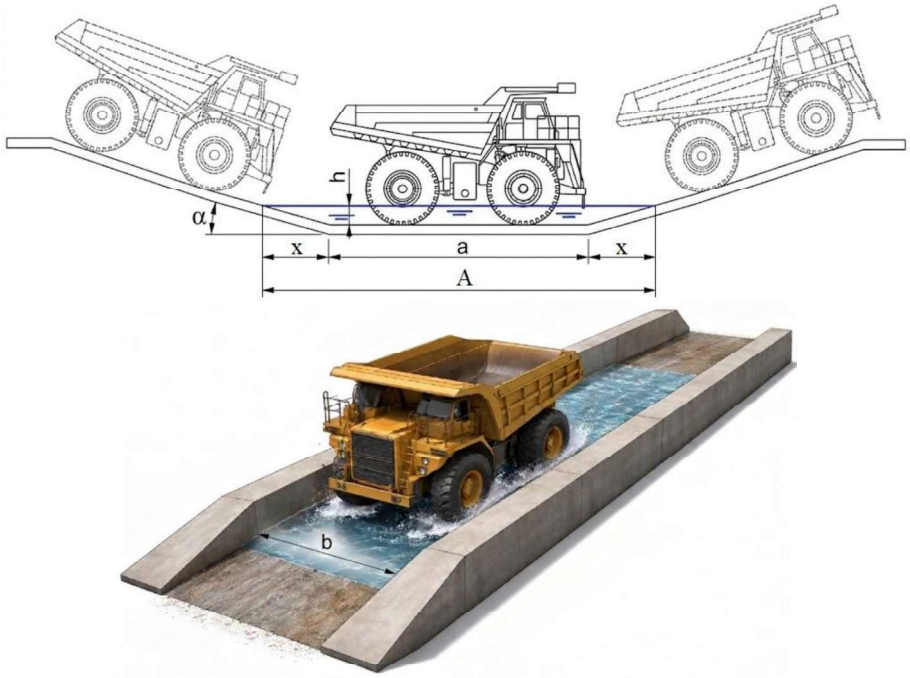


Рис. 7. Чертеж охлаждающей ванны в поперечном разрезе и ее 3D-модель

Таким образом, длина большего основания трапеции:

$$A = 2x + a, \text{ м} \quad (8)$$

Объем ванны с охлаждающей жидкостью можно найти по формуле:

$$V = S_{трап} \cdot b = ((A + a) / 2) \cdot h \cdot b, \text{ м}^3 \quad (9)$$

Общую площадь внешней поверхности шины ($S_{полн}$) приближенно можно рассчитать по формуле полого цилиндра, суммировав площадь протектора ($S_{прот}$) и двух боковин ($S_{бок}$):

$$S_{полн} = S_{прот} + 2 \cdot S_{бок}, \text{ м}^2 \quad (10)$$

Из-за проезда по охлаждающей ванне автосамосвалов с нагретыми шинами и воздействия тепла окружающей среды вода в ней постепенно нагревается. Для поддержания температуры жидкости в заданном интервале необходимо ее охлаждать. С этой задачей может справиться промышленная холодильная установка – чиллер. При этом оборудование должно быть сертифицировано под тропический климат (класс Т3), использовать стойкий фреон, а также работать в паре с внешним разборным пластинчатым теплообменником, чтобы грязная карьерная вода из ванны не забила внутренности самого чиллера.

Принципиальная схема технологического процесса может состоять из двух изолированных друг от друга контуров, теплообмен между которыми происходит в промежуточном узле (рис. 8). В первом контуре (холодильном) чиллер с воздушным охлаждением генерирует холод и сбрасывает избыточное тепло в атмосферу с помощью встроенных вентиляторов. Охлажденный чистый теплоноситель, такой как вода или раствор гликоля, направляется в разборный пластинчатый теплообменник (РПТО). Пройдя через пакет пластин и отобрав тепло от технологического контура, этот чистый теплоноситель возвращается обратно в чиллер для повторного цикла.



Рис. 8. Двухконтурная система охлаждающей ванны для КГШ с чиллером и пластинчатым теплообменником (РПТО)

Во втором контуре (технологическом) оборотная вода из ванны, нагретая от контакта с крупногабаритными шинами самосвалов, забирается насосом и подается в тот же РПТО. Внутри теплообменника оборотная вода циркулирует по изолированным каналам параллельно первому контуру. Физического смешивания жидкостей не происходит, так как тепло передается исключительно через металлические пластины. Отдавшая свое тепло вода возвращается обратно в ванну для охлаждения шин.

Для обслуживания системы предусмотрены вспомогательные линии. Линия подпитки служит для автоматического восполнения потерь оборотной воды, а линия слива и дренажа используется для безопасного опорожнения гидравлической системы при проведении регламентных работ.

Для защиты воды от воздействия прямых солнечных лучей рекомендуется над охлаждающей ванной установить навес. Чтобы предотвратить разлив воды по бокам охлаждающей ванны можно устроить бордюры. Для контроля уровня воды, которая может испаряться, необходимо проводить проверку по начерченной риске на бордюре раз в смену и пополнять резервуар при необходимости. Этот процесс можно автоматизировать.

Результаты. Максимально зафиксированная температура боковины КГШ по данным измерений в АО «Qizilqumsement» составила 68,3°С при температуре окружающего воздуха 41,3°С [10]. Хотя внутренние слои резины шины могут прогреться до 100-110°С, а воздух внутри них - до 85-90°С, и эти значения являются пороговыми, внешняя оболочка из-за толщины резинового слоя и постоянного обдува ветром при езде обычно на 10-15°С ниже. Поэтому для расчетов можно принять температуру КГШ (Тш) 75°С.

С учетом этих допущений и при температуре окружающего воздуха (То) +47°С, а воды (Тв) 20-25°С проведенный тепловой расчет показал, что при использовании охлаждающей проездной ванны объемом 82,2 м^3 и глубиной 0,58 м, что равно высоте профиля шины Techking 21.00R35, и проезде самосвала со скоростью 3–5 км/ч за 24,8 секунды контакта наружный слой резины КГШ эффективно остывает на 10,6°С, а вода в ванне нагревается всего на 0,04°С.

Выводы. Перегрев крупногабаритных шин карьерного автотранспорта является крайне актуальной проблемой в жарком аридном климате Узбекистана, так как он напрямую сокращает ресурс шин и ведет к аварийному простою техники, что отрицательно сказывается на экономических показателях горных предприятий.

Внедрение автоматизированных СКДТ позволяет в режиме реального времени отслеживать давление и температуру воздуха внутри КГШ, однако при перегреве единственное, что может сделать водитель автосамосвала, - это остановить транспортное средство и ждать, пока шина остынет естественным способом на открытом воздухе, что может занять длительное время, вплоть до нескольких часов.

Поэтому предлагаемое техническое решение может решить эту проблему. Несмотря на то, что резина - плохой проводник тепла и за время, которое самосвал едет через ванну, внутренняя часть шины, где температура достигает 100–110°С, остыть не успеет, но температура наружного слоя, который непосредственно контактирует с водой, снизится на 10-11°С. Это соответствует результатам наблюдений, выполненных в АО «Qizilqumsement», и выявленной разнице температур между сухими и мокрыми шинами. При дальнейшем движении вода, испаряющаяся с поверхности мокрой шины, будет дополнительно отводить тепло в окружающую среду, а тепло из внутренних слоев постепенно станет передаваться наружу, обеспечивая снижение общей температуры шины. Циклическое повторение такого охлаждения при каждом проезде через ванну позволит предотвратить нагрев КГШ до критических температур.

KON AVTOAG‘DARGICHLARINING KATTA O‘LCHAMLI SHINALARIDA ISSIQLIK YEMIRILISHINING OLDINI OLISH USULI

[1]Istablayev F.F.,[2]Ataqulov L.N.
[1]O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining Navoiy bo‘limi, Navoiy, O‘zbekiston.
[2]Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O‘zbekiston.

ANNOTATSIYA Maqolada issiq arid iqlim sharoitida ekspluatatsiya qilinadigan kon avtoag‘dargichlarining katta o‘lchamli shinalarida issiqlik yemirilishi muammosi ko‘rib chiqilgan. Shinalarning ishdan chiqishining asosiy sabablari, jumladan yeyilish, mexanik shikastlanishlar va issiqlik yemirilishi tahlil qilingan, shuningdek, shinalar ichidagi havo bosimi va haroratini nazorat qilish hamda tonna-kilometr-soat (TKS) ko‘rsatkichini hisoblashga asoslangan qizib ketishning oldini olish bo‘yicha mavjud yondashuvlar ko‘rib chiqilgan. «Qizilqumsement»

AJ karyeri sharoitida BelAZ-7547 kon avtoag‘dargichi ekspluatatsiyasi misolida atrof-muhit havosining turli haroratlarida TKS ko‘rsatkichining haqiqiy qiymati baholanib, yoz mavsumida ruxsat etilgan issiqlik rejimidan oshib ketish ehtimoli aniqlangan. Natur kuzatuvlari va termovizion o‘lchovlar natijalari asosida katta o‘lchamli shinalarning maxsus suvli vanna orqali davriy sovitilishiga asoslangan qizib ketishining oldini olish usuli taklif etilgan. Sovitish vannasining konstruksiyasi ishlab chiqilgan, uning asosiy geometrik parametrlari va hajmini aniqlash uchun bog‘lanishlar keltirilgan, shuningdek, chiller va plastinkali issiqlik almashtirgichdan foydalangan holda ikki konturli sovitish tizimi taklif etilgan. Issiqlik hisoblari natijalari taklif etilgan texnik yechimni qo‘llash shinaning tashqi qatlami haroratini pasaytirishini, bu esa kritik haroratlarga erishilishining oldini olish va kon avtoag‘dargichlarining katta o‘lchamli shinalari ekspluatatsion ishonchliligini oshirishga xizmat qilishini ko‘rsatdi.

KALIT SO‘ZLAR kon avtoag‘dargichi, katta o‘lchamli shinalar, issiqlik yemirilishi, qizib ketish, issiqlik rejimi, TKS, sovitish vannasi, termovizion nazorat, ishonchlilik.

A METHOD FOR PREVENTING THERMAL DEGRADATION OF LARGE-SIZE TYRES OF MINING DUMP TRUCKS

[1]Istablaev F.F.,[2]Atakulov L.N.

[1]Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Navoi, Uzbekistan.
[2]Navoi State University of Mining and Technologies, Navoi, Uzbekistan.

ABSTRACT This paper addresses the problem of thermal degradation of large-size tyres of mining dump trucks operating under hot arid climatic conditions. The main causes of tyre failure, including wear, mechanical damage, and thermal degradation, are analysed. Existing approaches to preventing tyre overheating based on monitoring the air pressure and air temperature inside the tyres, as well as calculating the Ton-Kilometres per Hour (TKPH) index, are also reviewed. Using the operation of a BelAZ-7547 mining dump truck at the Qizilqumsement JSC quarry as a case study, the actual TKPH value was evaluated under different ambient air temperatures, demonstrating the possibility of exceeding the permissible thermal operating conditions during the summer period. Based on the results of field observations and thermal imaging measurements, a method for preventing overheating of large-size tyres is proposed. The method is based on periodically cooling the tyres as the dump truck passes through a specially designed water cooling bath. The design of the cooling bath was developed, relationships for determining its main geometric parameters and volume were established, and a dual-circuit cooling system employing a chiller and a plate heat exchanger was proposed. The results of the thermal calculations showed that the proposed technical solution reduces the temperature of the outer tyre layer, thereby preventing the tyres from reaching critical operating temperatures and improving the operational reliability of large-size tyres of mining dump trucks.

KEYWORDS mining dump truck, large-size tyres, thermal degradation, overheating, thermal operating conditions, TKPH, cooling bath, thermal imaging, reliability.

REFERENCES

1. Истаблаев Ф.Ф., Атакулов Л.Н. Обзор и анализ факторов перегрева крупногабаритных шин // Горные машины и технологии. – 2025. – №2 (12). – С. 21-28. https://doi.org/10.5281/zenodo.15744338.
2. Топалиди В.А., Юсупов У.Б. Износостойкость шин специализированного автотранспорта в карьерных условиях. Монография. Т.: Изд-во «Avtomsan», 2021. С. 132.
3. Исраилов М.Э. Совершенствование методики расчета фактического показателя ТКВЧ крупногабаритных шин: Дис. канд. техн. наук. – Ташкент, 2025 – 110с.
4. Юсупов У.Б. Методология прогнозирования ресурса шин автотранспорта в карьерных условиях: Дис. д-ра техн. наук. – Ташкент, 2024 – 198с.

5. Абдуллаев Э.К., Махараткин П.Н., Кошкина Е.П., Пумпур Е.В. Экспериментальные исследования зависимости влияния температуры шины на ее свойства // Горная промышленность. 2019. №3 (145). С. 98–99. http://dx.doi.org/10.30686/1609-9192-2019-3-145-98-99.

6. Кульпин А.Г., Стенин Д.В., Кульпина Е.Е. Исследование потока отказов крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 6, с.162-167.

7. Горюнов С.В. Разработка методики прогнозирования долговечности крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов: Дис. канд. техн. наук. – Кемерово, 2021 – 124с.

8. Истаблаев Ф.Ф., Атакулов Л.Н., Хайдаров Ш.Б. Обзор и анализ методов ремонта крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов // Цифровые технологии в промышленности. – 2025. – Vol. 3, № 2. – С. 81-90. https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.3.2.2025.15.

9. Положение о порядке учета, движения и эксплуатации крупногабаритных шин горнотранспортного оборудования подразделений АО «НГМК» : утв. приказом АО «НГМК» от 09.08.2024 г. № 538. — Навои, 2024. — 35 с.

10. Истаблаев Ф.Ф., Атакулов Л.Н., Жураев А.Ш. Исследование температурных режимов крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов и анализ причин их преждевременного отказа в условиях горнодобывающих предприятий Узбекистана // Цифровые технологии в промышленности. – 2026. – Vol. 4, № 3. https://doi.org/10.70769/3030-3214.SRT.4.3.2026.3.

11. Юсупов У., Нарзиев Ж., Зафаров К. Особенности эксплуатации крупногабаритных шин для технологического транспорта // Oriental journal of technology and engineering. – 2022. – Vol 2. – P. 20-29. https://doi.org/10.37547/supsci-ojte-01-01-04.

12. АО «Кизилкумцемент» // Узстройматериалы : сайт]. [Б. г.]. URL: https://uzsm.uz/ru/about/organizations/ao-kizilkumtsement/ (дата обращения: 24.07.2026).

13. Руководство по эксплуатации карьерных и индустриальных шин радиальной и диагональной конструкции : РЭ ГИУЛ 22.07-2024 : актуализировано к версии 2022 года / ОАО «Белшина». — Бобруйск, 2024. — 49 с.

14. Умирзоков А.М., Саибов А.А., Джобиров Ф.И., Абаев А.Х., Бердиев А.Л. Классификация факторов, влияющих на пробег шин в условиях высокогорных карьеров // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. № 3 (43). С. 44–51.

15. Grinchuk P. S., Fisenko S. P. Heat exchange with air and temperature profile of a moving oversize tire // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2016. - Vol. 89, No. 6. – P. 1369-1373. DOI 10.1007/s10891-016-1503-8.

16. Боханцев Т.Ф., Подгорный А.И. Проблемы ходимости шин: влияние температуры, качества, веса и давления на эксплуатационные характеристики // Вестник науки. – 2024. – Т. 2, №11 (80). – С. 1187-1191.

17. Истаблаев Ф.Ф., Атакулов Л.Н., Мадатов Т.А. Обзор и анализ методов контроля температурного режима эксплуатации крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов // Development of science. – 2025. – Vol. 1, № 6. – С. 9-20.

18. Оборудование тепловой визуализации от компании FLIR для проведения автономной проверки промышленной, горнодобывающей и карьерной техники в Австралии // ИТЦ «Авикон» : [сайт]. [Б. г.]. URL: https://itc-avikon.ru/materials/oborudovanie-teplovoj-vizualizaczii-ot-kompanii-flir-dlya-provedeniya-avtonomnoj-proverki-promyshlennoj-gornodobyvayushhej-i-karernoj-tehniki-v-avstralii/ (дата обращения: 27.08.2025).

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Istablaev Fevzi Feratovich — Senior Researcher of the Department of Mechanical Engineering, Instrumentation and Automation; Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, 210100, Navoi, M. Tarobiy Str., 44a Uzbekistan. E-mail: fevzi_xkm@mail.ru
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2808-6566

Atakulov Lazizjon Nematovich — Doctor of Technical Sciences (DSc), Professor, Head of the Department of Mining Electromechanics, Navoi State Mining and Technological University, 210100, Navoi, M.Torobiy Str., 72, Uzbekistan. E-mail: Laziz218@mail.ru
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-3561-8850