

**Кузин Евгений Геннадьевич<sup>1\*</sup>**, кандидат технических наук, **Пудов Евгений Юрьевич<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, **Дубинкин Дмитрий Михайлович<sup>2</sup>**, кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup> Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Филиал в г. Прокопьевск, 653039, Россия, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19 а.

<sup>2</sup> Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

\*E-mail: kuzinevgen@gmail.com

## АНАЛИЗ ОТКАЗОВ УЗЛОВ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Аннотация:** В настоящей работе представлен анализ эксплуатационных факторов, оказывающих влияние на процесс добычи и транспортировки полезных ископаемых карьерными самосвалами на открытых горных работах. Влияние условий эксплуатации, таких как пониженная температура воздуха в зимний период, наличие запыленной атмосферы, уклоны и радиусы закруглений карьерных автодорог, характеристики перевозимой горной массы на отказы узлов карьерных самосвалов позволяет определить задачи исследования по повышению их ресурса. Показано, что доля затрат на перемещение карьерных грузов доходит до 45% от общей себестоимости добычи, и уменьшение затрат на транспортирование является весьма актуальным. Показано, что наибольшая доля отказов самосвалов БелАЗ 7555 приходится на двигатель внутреннего сгорания (около 25%) и ходовую часть (около 20%), для самосвалов марки БелАЗ 75581 на двигатель внутреннего сгорания приходится около 25%, на редукторы мотор-колес – около 30%. Результаты анализа отказов могут быть использованы при обосновании требований к конструктивному исполнению роботизированных карьерных самосвалов с электромеханической трансмиссией. Условиями повышения эффективности эксплуатации технологического транспорта является снижение эксплуатационных затрат при работе машин, повышение надежности отдельных элементов сложной технической системы «карьерный самосвал», повышение качества технического сервиса. Каждое из условий, в свою очередь, включает множество составляющих и представляет отдельные направления исследования. Результаты данного исследования позволяют оценить наиболее слабые конструктивные элементы карьерного самосвала и обосновать повышение их ресурса с учетом эксплуатационных и климатических факторов.

**Ключевые слова:** открытые горные работы, карьерный самосвал, систем технического обслуживания, технический сервис, надежность горных и транспортных машин, анализ отказов.

**Информация о статье:** принята 26 марта 2021 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-55-61

### 1. Введение

Россия продолжает оставаться одним из ведущих государств по добыче и экспорту каменного угля. Объемы угледобычи находятся на шестом месте после Китая, США, Индии, Австралии и Индонезии. Действующие угледобывающие предприятия России по состоянию на март 2020 г. насчитывают 187 предприятий, из них 57 шахт и 130 угольных разрезов. Первичное обогащение угля ведется на 64 обогатительных фабриках и установках, а также на имеющих в составе большинства угольных предприятий мобильных дробильно-сортировочных комплексах [1].

В настоящее время в Кемеровской области – Кузбассе работает 50 угольных компаний и предприятий, в их составе 40 шахт и 54 угольных разрезов. Наибольшую добычу показывают крупные угольные компании, такие как УК «Кузбассразрезуголь»,

АО «СУЭК-Кузбасс», «СДС-Уголь», Распадская Угольная Компания (РУК), ЗАО «Стройсервис».

Динамика добычи угля в Кузбассе с 2009 по 2019 гг. согласно данным Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области представлена на рис. 1 [2].

В качестве энергоносителя уголь занимает долю около 40% и его добыча в ближайшей перспективе, несмотря на некоторое снижение, будет представлять достаточные объемы. Сокращение затрат на производство угля долгое время будет являться актуальной задачей. Основным транспортом на открытых горных работах в настоящее время является автомобильный. С увеличением глубины разработки месторождений возможна его комбинация с конвейерным транспортом. От ритмичной работы транспортной системы зависит работа всего предприятия.

Проведение настоящего анализа отказов и условий эксплуатации вызвано необходимостью учета

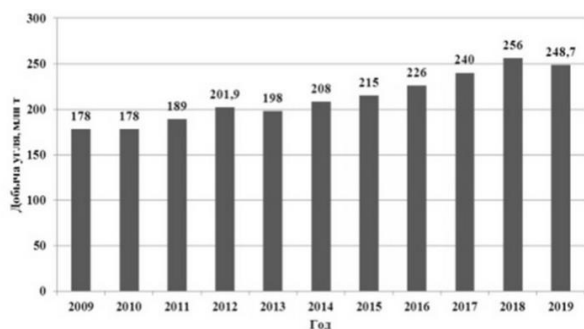


Рис. 1. Динамика добычи угля в Кузбассе  
Fig. 1. Dynamics of coal production in Kuzbass

Таблица 1. Коэффициенты готовности и использования самосвалов.

Table 1. Coefficients of availability and use of dump trucks.

Показатель	БелАЗ-7555	БелАЗ-75570	KOMATSU HD785
Коэффициент технической готовности	0,81	0,70	0,93
Коэффициент использования	0,79	0,68	0,92

всех факторов, явлений и процессов, влияющих на работу экскаваторно-автомобильных комплексов при добыче полезных ископаемых в целом и каменного угля в частности, при открытой разработке горными предприятиями.

## 2. Постановка задачи

Основная задача карьерного автотранспорта – перемещать горную массу до отвалов, а полезное ископаемое на склад обогатительной фабрики. Способность транспортной машины выполнять эту задачу с параметрами, установленными производителем, оценивается коэффициентом технической готовности. Доля затрат на перемещение горных пород в условиях карьеров и разрезов достигает до 40-45% от себестоимости. Таким образом, повышение эффективности процесса транспортирования полезного ископаемого автомобильным карьерным транспортом является весьма актуальной задачей. Практические данные доказывают, что внезапные отказы самосвалов приводят к нарушению ритмичной работы экскаваторно-автомобильного комплекса, снижают его производительность и удорожают производство. Следовательно, коэффициент технической готовности отражает эффективность производства и относится к экономическим критериям.

Коэффициент технической готовности ( $K_{ТГ}$ ) используется среди специалистов автомобильного транспорта и представляет собой отношение числа технически исправных самосвалов к их списочному числу на предприятии. В достаточной степени коэффициент технической готовности может оценить уровень организации системы технического сервиса автосамосвалов. Авторами в работе [3] показывается, что высокий уровень затрат на ремонт карьерной техники в значительной степени связан со слабой ремонтной базой. Немаловажное значение на ве-

личину расходов оказывают недостатки в планировании и проведении ремонтных работ, несовершенство технологии ремонта, в последнее время добавляется качество запасных частей и материалов [3].

Имея опыт работы механиком на горном предприятии, следует добавить, что существенную роль в проведении ремонтных работ играет уровень подготовки и квалификация персонала, а также система надзора и контроля за выполнением требований всех инструкций и регламентов.

Расчет коэффициента технической готовности проводится за месяц или год и отражается в статистической отчетности, при этом как фактор управления надежностью горнотранспортной машины он не используется.

Известны показатели эффективности работы оборудования, исходя из расчета стоимости машино-часа готовности оборудования, приведенные в литературе [4 - 6].

Разработка методик оценки технического состояния горных машин, по мнению авторов работ [7, 8] позволяет повысить их эксплуатационную надежность. Для этого необходимо провести учет всех возможных факторов в условиях эксплуатации машины.

Угледобывающие предприятия не в полной мере используют даже технически исправные самосвалы, до 14-17% ежесуточно простаивают по организационным причинам. Степень использования транспортной единицы и всего автомобильного парка в течение календарного времени оценивается коэффициентом использования по времени ( $K_{ИВ}$ ).

Таким образом, необходимо оценить существующие коэффициенты технической готовности и коэффициенты использования карьерных самосвалов и исследовать статистические данные по количеству отказов отдельных узлов машин.

## 3. Результаты исследований

Были проанализированы отказы основных узлов и элементов наиболее распространенных в Кузбассе карьерных самосвалов грузоподъемностью до 90 тонн.

Коэффициенты технической готовности и использования, полученные в ходе исследования, представлены в таблице 1.

В данном подразделе собраны и сгруппированы (по единицам карьерной техники и по годам) отказы карьерных самосвалов по некоторым угольным разрезам Кузбасса. Следует отметить отсутствие единообразного подхода к оформлению видов отказов узлов и агрегатов. Так, например, на разрезе «Бачатский» отдельно выделяют простои из-за отказов цилиндров опрокидывающего механизма, а по данным разреза «Березовский» эти отказы относят к отказам гидравлической системы и отдельно не выделяют.

Структура причин отказов и продолжительность простоев приведены в таблице 2. В таблицах приняты сокращения: ДВС – двигатель внутреннего сгорания; РМК – редуктор мотор-колеса; ЦОМ – ци-

Таблица 2. Отказы узлов и простои самосвалов  
Table 2. Element failures and dump truck downtime

Наименование причины отказа	2018			
	БелАЗ-7555		БелАЗ-75581	
Год	Общее количество отказов	Часы простоя на 1 ед. транспорта	Общее количество отказов	Часы простоя на 1 ед. транспорта
ДВС	135	220	142	246
Электрооборудование	117	32	102	37
ГМП	21	39	-	-
РЗМ	18	29	-	-
Шиномонтажные работы	38	42	27	42
Гидросистема	191	42	17	36
Тормозная система	188	39	113	56
ЦОМ	65	54	24	32
Ходовая часть	657	147	752	138
Сварные работы	113	48	95	24
РМК	-	-	245	289
Итого:	1543	692	1517	900

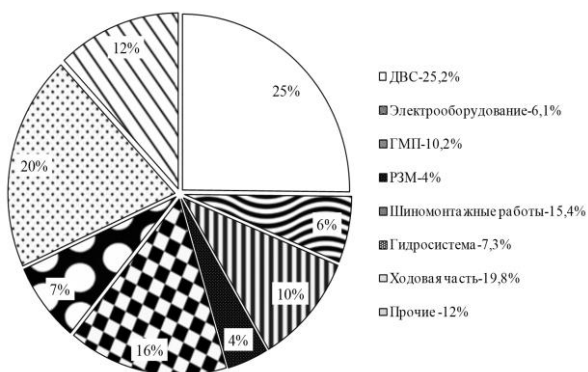


Рис. 2. Среднегодовая диаграмма отказов самосвалов БелАЗ 7555

Fig. 2. Yearly average failure chart of BelAZ 7555 dump

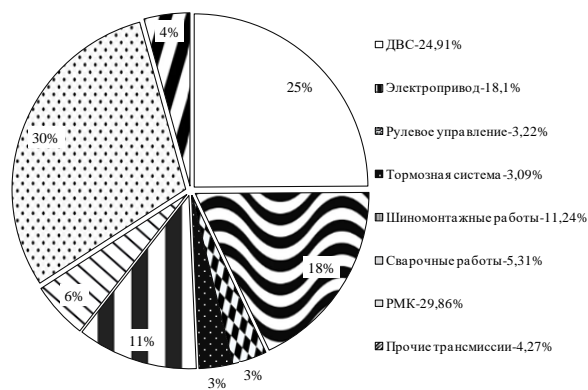


Рис. 3. Среднегодовая диаграмма отказов самосвалов БелАЗ 75581

Fig. 3. Yearly average failure chart of BelAZ 75581 dump

линдр опрокидывающего механизма; ГМП – гидромеханическая передача; РЗМ – редуктор заднего моста.

Диаграммы отказов основных узлов самосвалов с гидромеханической трансмиссией БелАЗ 7555 грузоподъемностью 55 тонн и с электромеханической трансмиссией БелАЗ 75581 грузоподъемностью 90



Рис. 4. Процедура слива масла с РМК:

a) правильно; b) неправильно

Fig. 4. Procedure for draining the oil from the GMW:  
a) correct; b) incorrect

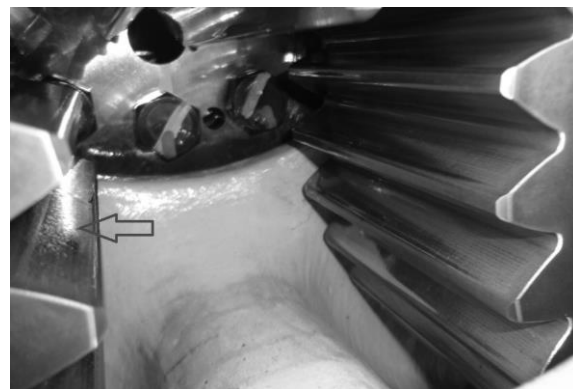


Рис. 5. Следы питтинга на зубе шестерни РМК  
Fig. 5. Pitting marks on the gear tooth of the GMW

тонн, усредненные по годам с 2016 по 2018 гг., приведены на рис. 2, 3.

Анализ отказов показывает, что большую долю отказов составляют отказы двигателя внутреннего сгорания (около 25%) и отказы элементов ходовой части (около 20%) самосвалов с гидромеханической трансмиссией, отказы редукторов мотор колес (РМК) составляют около 30% для машин с электромеханической трансмиссией (см. рис. 2, 3).

Фотографии отказов некоторых узлов автосамосвалов, а также проведение ремонтных работ представлены на рисунках 4-7.

При замене смазочного масла в редукторе мотор-колес при низкой культуре обслуживания возможно попадание масла на шину карьерного самосвала, что приводит к разъеданию резины и сокращению ресурса (см. рис. 4).

Следует заметить, что ресурс работы редукторов, как показано в работах [6, 7], существенно зависит от характеристик смазочного масла. Особенно негативно влияют на процессы абразивного износа частицы пыли, определяемые по наличию кремния. При наличии уклонов, превышающих

12%, и радиусов поворота менее 30 м это приводит к ускоренному износу редукторов мотор-колес и сокращению их ресурса до выработки нормативных показателей (см. рис. 5, 6).

Кроме того, задиры подшипников на валах возникают при нарушении технологии монтажных работ и отсутствии специальных приспособлений (рис. 6).

Технический сервис, включающий процедуры диагностики, технического обслуживания и ремонта карьерных самосвалов (внедорожных землевозов), должен обеспечивать поддержание надежности (ресурса и безотказности работы) с учетом периодичности воздействий [9, 10]. Периодичность технического обслуживания и плановых ремонтов устанавливается в мото-часах. Однако помимо наработки необходимо учитывать условия эксплуатации, включающие горно-геологические, горнотехнические и климатические условия. В настоящее время многие предприятия предпочитают проводить работы по обслуживанию и ремонтам самосвалов в специализированных сервисных центрах, обладающих необходимым оборудованием и квалифицированным ремонтным персоналом.

Для проектирования и разработки карьерных самосвалов требуется использовать компьютерное моделирование с учетом вариативности большого количества факторов [11, 12]. Отдельного внимания заслуживают разработки авторов, не только позволяющие повысить долговечность двигателей внутреннего сгорания, но и уменьшить экологический ущерб, наносимый окружающей среде [13, 14].

Современные системы технического диагностирования позволяют оценивать техническое состояние с учетом фактических условий эксплуатации путем установки системы мониторинга ключевых параметров отдельных узлов и агрегатов карьерного самосвала [15].

Анализ эксплуатационных факторов, оказывающих наибольшее влияние на техническое состояние элементов карьерного самосвала, позволил выявить следующее:

1. Фактические параметры автомобильных дорог (уклоны, ширина и радиусы поворотов) могут отличаться от нормативных в сторону ухудшения условий. Так, до 15% внутрикарьерных дорог имеют уклоны свыше нормируемых и достигают 120-150%.

2. Ширина около 20% карьерных дорог менее допустимых значений. Выезды из угольных забоев имеют радиусы поворотов менее двух минимальных радиусов поворотов самосвалов (около 1,5 минимальных радиусов поворотов).

3. Фактическая загрузка автосамосвалов в 50% случаев превышает нормативную от 1,05 до 1,2 раз.

4. Самосвалы с углевозным кузовом используются под вывозку породы с большей насыпной плотностью (под породу).

Перевозимые горные породы представлены преимущественно тремя категориями пород:

- четвертичные отложения (глины), насыпная плотность –  $1,6 \div 2,0 \text{ т/м}^3$ ;
- вскрышные породы (алевролиты, песчаники),



*Рис. 6. Задиры от провернувшегося подшипника на шейке вала РМК*

*Fig. 6. Scuffing from the turned bearing on the shaft neck of the GMW*

насыпная плотность –  $1,8 \div 2,6 \text{ т/м}^3$ ;

Полезное ископаемое – каменный уголь, насыпная плотность –  $0,95 \div 1,15 \text{ т/м}^3$ ;

Уголь имеет склонность к слеживанию и самовозгоранию. Абразивность угля низкая. Вскрышные породы относятся к среднеабразивным. Высота падения груза в кузовах самосвала достигает 3 м.

Анализ климатических условий для региона показывает некоторые изменения. Так, за последние десятилетия наблюдаются повышения среднегодовых температур. Зима с частыми метелями и изморозью длится с ноября по март. Устойчивый снежный покров образуется в начале ноября, достигая в марте средней мощности 43 см на защищенной площадке. Обычная дневная температура минус 14-17°C, ночью в январе температура падает до минус 25°C, а временами, при застаивании в котловине воздушных масс и инверсии, до минус 38°C. Среднемесячная температура января – минус 15,3°C.

Весна короткая с апреля по май и холодная, с частыми пылевыми бурями (скорости ветра достигают 15 м/с) и резкими похолоданиями. Температура днем – плюс 6-14°C, ночью – от плюс 2 до минус 5°C. Наблюдаемый переход среднесуточной температуры от отрицательной к положительной происходит в среднем в середине апреля. Снег, как правило, сходит в конце апреля, при этом ночные заморозки обычно продолжают до начала июня.

Лето с июня по август жаркое и сравнительно сырое. Днем преобладают температуры плюс 21-23°C, ночью снижаются до плюс 16°C. Самый теплый месяц – июль со средней температурой плюс 19,5°C. Летом очень часто возникают грозы, в период которых работа электрических экскаваторов запрещена. Количество грозовых дней летнего периода составляет от 7 до 12 дней.

Осень длится всего 2 месяца – сентябрь и октябрь, погода в этот период стоит неустойчивая, ветреная. Температура днем плюс 6-13°C, ночью до минус 2°C. Первые заморозки наблюдаются в середине сентября. В конце октября-начале ноября выпадает

снег. Устойчивый снежный покров формируется в первой декаде ноября.

Годовое количество осадков составляет 413 мм. Осадки теплого периода (апрель – октябрь) составляют 70-80% от годового количества. Наибольшее количество осадков обычно выпадает в июле, среднемесячная их сумма около 65 мм, увеличиваясь в отдельные годы до 130 мм. Суточный максимум осадков (46,7 мм в 1996 г.) тоже отмечен летом.

Наибольшая высота снега по материалам снего-съемок составляет около 40 см. Наблюдаются максимальные снегозапасы обычно в середине или конце марта, реже в апреле.

Преобладающими ветрами в течение года являются ветры юго-западного, южного и западного направлений со скоростями 6-8 м/с. Нередко летом дуют ветры северных и восточных направлений, средние скорости их составляют 3-4 м/с. Среднегодовая скорость ветра в южной части Кемеровской области составляет 3,5-3,6 м/с.

На участках открытых горных работ возможны проявления следующих опасных природных процессов и явлений:

- ураганы и смерчи умеренно-опасной категории;

- землетрясения весьма опасной категории;

- подтопления весьма опасной категории;

- пучения весьма опасной категории.

Указанные условия следует учитывать при назначении технического обслуживания.

#### **Выводы.**

Наибольшее количество отказов по обем маркам автосамосвалов приходится на элементы ходовой части. Это объясняется тем, что ходовая часть воспринимает основную часть динамических нагрузок, возникающих при погрузке и движении.

В разных компаниях по-разному ведется учет отказов – где-то укрупнено по узлам, где-то более подробно по элементам.

Наибольшая часть отказов самосвалов БелАЗ 7555 приходится на двигатель внутреннего сгорания (около 25%) и ходовую часть (около 20%), для самосвалов марки БелАЗ 75581 на двигатель внутреннего сгорания приходится около 25%, на редукторы мотор-колес – около 30%, на элементы электропривода – около 18%.

Отклонение эксплуатационных условий от нормативных с учетом превышения загрузки самосвала приводит к повышенным нагрузкам на элементы и должно учитываться при формировании периодичности технического обслуживания.

На угледобывающих предприятиях имеются службы по проведению и обслуживанию карьерной техники, при этом необходимо создание системы интеллектуального обслуживания. Параметры технического состояния узлов (отдельных компонентов) карьерного самосвала, оцениваемые на основании их мониторинга, должны систематизироваться и увязываться с факторами эксплуатации и климатическими условиями. База данных параметров состояния с использованием искусственного

интеллекта позволяет прогнозировать развитие неисправностей и управлять ресурсом горной машины. Оснащение машины датчиками температуры и давления масла, температуры шин, вибрации двигателей внутреннего сгорания и редукторов мотор-колес должно не только информировать водителя (оператора) самосвала, но и посредством связи передаваться и обрабатываться в базе данных отдельного предприятия и компании в целом. Чем больше информации будет отслеживаться и обрабатываться, тем надежнее вероятность прогноза изменения состояния узла или агрегата. Постановка машины на техническое обслуживание по фактическому состоянию повысит эффективность работы технологического транспорта горных предприятий. Направления дальнейших исследований – поиск и установление закономерностей характеризующих параметров технической системы с эксплуатационными, организационными и горно-геологическими факторами.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Яновский, А.Б. Основные тенденции и перспективы развития угольной промышленности России // Уголь. 2017 № 8 С. 10-14. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-8-10-14. url: <http://www.ugolinfo.ru/free/082017.pdf> (дата обращения: 01.12.2020).
2. Таразанов, И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2019 года / И.Г. Таразанов, Д.А. Губанов // Уголь. 2020 № 3 С. 54-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-54-69.
3. Андреева, Л.И. Методология формирования эффективной системы обеспечения работоспособности горной техники / Л.И. Андреева, Т.И. Красникова, Ю.Ю. Ушаков // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2019. № 5. С. 92-106.
4. Kudrevatykh, A.V. The diagnostics of motor-wheel gears of quarry dump trucks based on bearing wear monitoring / A.V. Kudrevatykh // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety. 2016. pp. 252-255. <https://doi.org/10.2991/coal-16.2016.48>.
5. Stenin, D. Dependence of reliability and resource of the elements of the design of quarry automatics with the degrees of their downloads / D. Stenin, N. Stenina // E3S Web of Conferences 21, 03002. 2017. DOI: 10.1051/e3sconf/20172103002.
6. Andreeva, L.I. Integral estimation of the activity of the maintenance department of the mining company / L.I. Andreeva, T.I. Krasnikova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2019, ICMTME 2019. 2020. С. 044044.
7. Gerike B., Drozdenko Yu., Kuzin E., Anan'yan I., Kuziev D. Formation of comprehensive service system of belt conveyor gearboxes. E3S Web of Conferences. Electronic edition. 2018. DOI: 10.1051/e3sconf/20184103011.

8. Zhetesova, G.S. Improvement of the organization of maintenance and repair of dump-cars / G.S. Zhetesova, E.S. Dandybaev, D.S. Zhunuspekov, K.K. Zhekibaeva // Material and Mechanical Engineering Technology. 2020. T. 1. № 1. С. 33-38.

9. Toskunin, I. Study of the features of the operation of a dump truck BELAZ 75131 at the enterprise of JSC "AGD DIAMONDS" in the conditions of the far north / I. Toskunin, A. Tyagunin, A. Lagunov, Y. Kutinov, Z. Chistova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference "EarthScience". 2020. С. 042042.

10. Seifoori, S. A high-cycle fatigue failure analysis for the turbocharger shaft of BELAZ 75131 mining dump truck / S. Seifoori, A. Parrany, M. Khodayari // Engineering Failure Analysis. 2020. 116. 104752. 10.1016/j.engfailanal.2020.104752.

11. Yakovlev, V.L. Features of modern approach to selection of haulage systems for open pit diamond mines in Yakutia / V.L. Yakovlev, A.G. Zhuravlev, V.A. Cherepanov, I.V. Zyryanov // Journal Of Mining

Science 54 (6). 2018. Pp. 979-987. DOI: 10.1134/S1062739118065131.

12. Зырянов, И.В. Рациональная конфигурация многозвенных автопоездов для транспортировки кимберлитовой породы АК АЛРОСА / И.В. Зырянов, А.П. Кондратюк // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № S24. С. 229-239.

13. Khazin, M.L. Increasing mining dump trucks operation efficiency with the use of gas piston engines / M.L. Khazin, V.V. Furzikov, P.I. Tarasov // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 2. С. 77-85.

14. Hu, M. The evaluation on liquefied natural gas truck promotion in Shenzhen freight / M. Hu, W. Huang, J. Cai, J. Chen / Advances in Mechanical Engineering. 2017; 9 (6): 1687814017705065

Kuzin E., Bakin V., Dubinkin D. Mining equipment technical condition monitoring. E3S Web of Conferences. Electronic edition. 2018. DOI: 10.1051/e3sconf/20184103020.

**Evgeniy G. Kuzin** <sup>1\*</sup> C. Sc. in Engineering, **Evgeniy Yu. Pudov** <sup>1</sup>, C. Sc. in Engineering, **Dmitriy M. Dubinkin** <sup>2</sup>, C. Sc. in Engineering, Associate Professor.

<sup>1</sup> T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Branch of Prokopievsk, Prokopievsk, Nogradskaya str. 19a, 653039, Russian Federation.

<sup>2</sup> T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation.

## ANALYSIS OF FAILURES OF MINING DUMP TRUCK COMPONENTS UNDER OPERATING CONDITIONS

**Abstract:** This paper presents an analysis of operational factors that affect the process of mining and transportation of minerals by dump trucks in open-pit mining operations. The influence of operating conditions, such as low air temperature in winter, the presence of a dusty atmosphere, the slopes and radii of the curves of quarry roads, the characteristics of the transported rock mass on the failures of the components of quarry dump trucks allow us to determine the objectives of the study to increase their resource. It is shown that the share of the cost of moving quarry cargo reaches 45% of the total cost of production, and reducing the cost of transportation is very relevant. It is shown that the largest share of failures of BelAZ 7555 dump trucks is accounted for by the internal combustion engine (about 25%) and the chassis (about 20%), for BelAZ 75581 dump trucks, the internal combustion engine accounts for about 25%, and the gearboxes of the motor wheels - about 30%. The results of the failure analysis can be used to justify the requirements for the design of robotic mining dump trucks with an electromechanical transmission. The conditions for improving the efficiency of the operation of technological transport are to reduce the operating costs of machines, increase the reliability of individual elements of the complex technical system "dump truck", and improve the quality of technical service. Each of the conditions, in turn, includes many components and represents separate areas of research. The results of this study allow us to evaluate the weakest structural elements of a quarry dump truck and justify the increase in their resource, taking into account operational and climatic factors.

**Keywords:** open pit mining, mining dump truck, the maintenance system, technical service, reliability of mining and transport vehicles, failure analysis.

**Article info:** received March 26, 2021

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-55-61

### REFERENCES

1. Yanovskiy, A.B. Osnovnyye tendentsii i perspektivy razvitiya ugol'noy promyshlennosti Ros-sii // Ugol'. 2017 № 8 S. 10-14. DOI: 10.18796/0041-

5790-2017-8-10-14. url: <http://www.ugolinfo.ru/free/082017.pdf> (data obra-shcheniya: 01.12.2020).

2. Tarazanov, I.G. Itogi raboty ugol'noy promyshlennosti Rossii za yanvar'-dekabr' 2019 goda / I.G. Tarazanov, D.A. Gubanov // Ugol'. 2020 № 3 S. 54-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-54-69.

3. Andreyeva, L.I. Metodologiya formirovaniya effektivnoy sistemy obespecheniya rabotosposobnosti gornoy tekhniki / L.I. Andreyeva, T.I. Krasnikova, YU.YU. Ushakov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal. 2019. № 5. S. 92-106.

4. Kudrevatykh, A.V. The diagnostics of motor-wheel gears of quarry dump trucks based on bearing wear monitoring / A.V. Kudrevatykh // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety. 2016. pp. 252-255. <https://doi.org/10.2991/coal-16.2016.48>.

5. Stenin, D. Dependence of reliability and resource of the elements of the design of quarry automatics with the degrees of their downloads / D. Stenin, N. Stenina // E3S Web of Conferences 21, 03002. 2017. DOI: 10.1051/e3sconf/20172103002.

6. Andreeva, L.I. Integral estimation of the activity of the maintenance department of the mining company / L.I. Andreeva, T.I. Krasnikova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2019, ICMTME 2019. 2020. S. 044044.

7. Gerike B., Drozdenko Yu., Kuzin E., Ananyin I., Kuziev D. Formation of comprehensive service system of belt conveyor gearboxes. E3S Web of Conferences. Electronic edition. 2018. DOI: 10.1051/e3sconf/20184103011.

8. Zhetesova, G.S. Improvement of the organization of maintenance and repair of dump-cars / G.S. Zhetesova, E.S. Dandybaev, D.S. Zhunuspekov, K.K. Zhekibaeva // Material and Mechanical Engineering Technology. 2020. T. 1. № 1. S. 33-38.

#### **Библиографическое описание статьи**

Кузин Е.Г., Пудов Е.Ю., Дубинкин Д.М. Анализ отказов узлов карьерных самосвалов в условиях эксплуатации // Горное оборудование и электромеханика – 2021. – № 2 (154). – С. 55-61.

9. Toskunin, I. Study of the features of the operation of a dump truck BELAZ 75131 at the enterprise of JSC "AGD DIAMONDS" in the conditions of the far north / I. Toskunin, A. Tyagunin, A. Lagunov, Y. Kutinov, Z. Chistova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference "EarthScience". 2020. S. 042042.

10. Seifoori, S. A high-cycle fatigue failure analysis for the turbocharger shaft of BELAZ 75131 mining dump truck / S. Seifoori, A. Parrany, M. Khodayari // Engineering Failure Analysis. 2020. 116. 104752. 10.1016/j.engfailanal.2020.104752.

11. Yakovlev, V.L. Features of modern approach to selection of haulage systems for open pit diamond mines in Yakutia / V.L. Yakovlev, A.G. Zhuravlev, V.A. Cherepanov, I.V. Zyryanov // Journal Of Mining Science 54 (6). 2018. Pp. 979-987. DOI: 10.1134/S1062739118065131.

12. Zyryanov, I.V. Ratsional'naya konfiguratsiya mnogozvennykh avtopoyezdov dlya transportirovki kimberlitovoy porody AK ALROSA / I.V. Zyryanov, A.P. Kondratyuk // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). 2017. № S24. S. 229-239.

13. Khazin, M.L. Increasing mining dump trucks operation efficiency with the use of gas piston engines / M.L. Khazin, V.V. Furzikov, P.I. Tarasov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal. 2020. № 2. S. 77-85.

14. Hu, M. The evaluation on liquefied natural gas truck promotion in Shenzhen freight / M. Hu, W. Huang, J. Cai, J. Chen // Advances in Mechanical Engineering. 2017; 9 (6): 1687814017705065

15. Kuzin E., Bakin V., Dubinkin D. Mining equipment technical condition monitoring. E3S Web of Conferences. Electronic edition. 2018. DOI: 10.1051/e3sconf/20184103020.

#### **Reference to article**

Kuzin E.G., Pudov E.Yu., Dubinkin D.M. Analysis of failures of mining dump truck components under operating conditions. Mining Equipment and Electromechanics, 2021, no.2 (154), pp. 55-61.