

Машиностроение. Металлургия



DOI 10.52209/1609-1825_2023_3_3

УДК 621.81

Исследование поломок нагруженных деталей автосамосвалов, работающих в тяжелых условиях эксплуатации

¹*НИКОНОВА Татьяна Юрьевна, к.т.н, доцент, nitka82@list.ru,

¹ЖЕТЕСОВА Гульнара Сантаевна, д.т.н., профессор, zhetesova@mail.ru,

¹ЮРЧЕНКО Василий Викторович, PhD, зав. кафедрой, juvv76@mail.ru,

¹КАБИДЕНОВ Думан Курметович, докторант, miko-20-03@mail.ru,

¹ДАНДЫБАЕВ Есим Серикович, старший преподаватель, y.dandybayev@hansa-flex.com,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Республика Казахстан является одним из больших экспортеров сырья на мировом рынке, поэтому автосамосвалы и экскаваторы играют основную роль в горнодобывающей промышленности природных ресурсов страны. Простой спецтехники может принести большой ущерб экономике Республики. Поэтому исследование проблем, возникающих во время работы автосамосвалов в тяжелых карьерных условиях, и своевременное устранение неполадок позволят горнодобывающей отрасли страны обеспечить стабильное развитие и процветание. Основной целью работы является исследование причин возникновения поломок в подшипниковых узлах автосамосвалов Hitachi EH 1700 с грузоподъемностью до 110 т. Также представлены пути решения сложившихся неполадок и начальные данные для дальнейших исследований. Данная тема является актуальной, так как экономика страны напрямую связана с добычей природных ресурсов. Своевременное устранение технических проблем позволит выполнить все производственные планы.

Ключевые слова: автосамосвал, инженерный анализ, аналитика, горнодобывающая отрасль, исследование, модель, анализ, качество, критерий, специальное приспособление.

Введение. Казахстан является одним из гигантов по экспорту природных ресурсов. По статистике Евразийской Экономической комиссии наша страна с января по июнь 2022 года произвела промышленной продукции на сумму 23,8 трлн тенге, что на 5,3 процента больше 2021 года. Колоссальное влияние на динамику роста оказали горнодобывающая промышленность и разработка карьеров. Известно, что Республика Казахстан занимает передовые позиции по экспорту горнодобывающих ресурсов. Множество крупных рудников, перерабатывающих руду фабрик являются собственностью больших корпораций, таких как «Eurasian Group», «Арселор Миттал Темиртау», «KazMinerals», «Казхром», «Казатомпром» и так далее.

Большинство ископаемых ресурсов страны часто залегают ближе к верхней коре земли, соответственно с экономической стороны их добыча и дальнейшая переработка являются очень эффективным и дешевым видом майнинга природных ресурсов. Данное преимущество добычи минерально-сырьевых ресурсов привлекает все больше иностранных инвесторов, поэтому правительством предусмотрено эффективное использование огромных преимуществ Казахстана для развития экономики страны и поддержания благополучия народа на высоком уровне.

Для увеличения объемов производства горнодобывающие компании закупают различные типы и модели горнодобывающего оборудования у производителей тяжелого оборудования по всему миру. За последние 15 лет горное оборудование в основном поставлялось из Японии, Америки, Европы, Кореи, Китая и других стран. Наряду с появлением в стране оборудования разных производителей, также развивается промышленность страны. Таким образом, для эксплуатации, обслуживания и ремонта поставляемого оборудования требуются соответствующие знания. Обычно раз в 5-7 лет производители обновляют некоторые модели машин, в ходе которых изменяют конструкцию некоторых узлов и деталей. Такие обновления или модификации выполняются по причинам технического улучшения и для поддержки любых маркетинговых программ производителей. Такие обновления часто влияют на потребности конечного пользователя в улучшении знаний по эксплуатации и ремонту техники, а также в оснащении технических мастерских средствами для обслуживания обновленного оборудования [1].

Целью работы является исследование поломок нагруженных деталей автосамосвалов, работающих в тяжелых условиях эксплуатации. В ходе выполнения исследовательской работы были использованы специальные и общенаучные методы исследования, так как в компании «Eurasian Machinery» собрано множество информации со времен эксплуатации данной техники на территории СНГ.

Автосамосвалы и экскаваторы играют основную роль в добыче природных ресурсов. Простой рабочей техники может сильно ударить по экономике предприятия. По данным АО «Качарская руда» простой одного автосамосвала в день может привести к потере около 9000 долларов США. Чтобы избежать огромных потерь, необходимо улучшить методы проведения работ по диагностированию и мониторингу основных механизмов автосамосвалов в карьерных условиях и преждевременно выявлять дефекты в узлах горной техники. Преждевременное обнаружение проблем, в свою очередь, поможет вовремя исправлять ошибки в системе, соответственно сэкономит заказчику большой объем денег и в виде налогов принесет благополучие стране.

В настоящее время заказчики стараются выжимать максимум выгоды от новых самосвалов и пренебрегают правилами организации своевременного технического обслуживания и ремонта самосвалов и экскаваторов. Естественно, такое использование техники поначалу приносит заказчику краткосрочный рост производительности его организации. Однако в долгосрочной перспективе такое обращение с техникой приведет к большим затратам. Поэтому для получения максимальной пользы от иностранных самосвалов в долгосрочном порядке нужно не только проводить своевременное техническое обслуживание, но и уметь преждевременно обнаруживать проблемы и качественно их решать, чтобы предотвратить простой техники. Благодаря такому методу работы с техникой можно добиться ее надежности и работоспособности в условиях казахстанских карьеров.

Во многих случаях главными причинами, влияющими на надежность самосвалов, работающих на карьерах, являются: перегрузы и большая скорость транспортировки руды, плохое качество дорог, которые при экстремальных погодных условиях превращаются в глину и усложняют работу техники, остаточное напряжение после выполнения сварочных работ и так далее. Перегрузки и большая скорость при транспортировке руды возникают из-за того, что система оплачивания труда водителей самосвалов зависит от количества перевозимых рейсов, а зарплата операторов экскаватора связана с объемом груза, соответственно и те и другие работают на полную мощность, чтобы как можно больше заработать. Поэтому данный подход уменьшает безотказность и долговечность техники, что являются основой ее надежности [7].

Методы исследования. Одним из основных свойств безотказности является средняя наработка на отказ. Перегруз автосамосвалов приводит большим повреждениям и разрушениям механических узлов, металлоконструкции, деталей техники, что в свою очередь снижает надежность машин [4]. Показатели эксплуатации технического парка множества горных предприятий, таких как АО «ССГПО», «KazMinerals», показали, что

при сравнительно низких значениях параметра потока отказов повреждения и разрушения рам приводят к значительным потерям ресурсов. Также при перегрузе автосамосвала характерно возникают проблемы с мостом, происходят поломки важных подшипниковых узлов, которые объединяют поворотную ось с рычагом моста автосамосвала [6].

По полученным данным от заказчиков по Республике Казахстан была выявлена частая поломка подшипниковых узлов переднего моста автосамосвалов. Автосамосвалы Hitachi EH 1700 с грузоподъемностью до 110 т, собранные в 2010 году, сталкивались с проблемой выхода из строя опорных подшипников. Из собранных 30 автосамосвалов лишь 6 доработали до капитального ремонта без серьезных проблем. У 14 автосамосвалов поломки опорных подшипников происходили от 9000-19000 м/ч. Подшипниковые узлы у оставшихся 10 автосамосвалов вышли из строя до 9000 м/ч (рисунок 1).

На первых порах это обусловлено с погодой и грунтом карьерных местностей. По результатам лабораторных работ в геолого-литологическом исследовании свойств карьерных грунтов нашей страны были выявлены следующие геологические инженерные элементы:

- Грунт насыпной (ИГЭ-1): щебенистый грунт маловлажный и водонасыщенный (плотность грунта – 1,80 г/см³);
- удельное сцепление при природной влажности – 0,001 МПа;
- расчетное сопротивление – 180,0 кПа;

По данным лабораторных испытаний на свободное набухание глина полутвердая сильно набухающая. Величина относительного набухания – 47,5%. Влажность набухания – 42,3%. По результатам компрессионных испытаний давление набухания глины полутвердой – 0,113 Мпа.

Грунты не засолены (насыпной щебенистый грунт) и слабозасоленные (глина полутвердая)

[2]. Коррозионная активность грунтов к углеродистой стали (по удельному сопротивлению грунта) – высокая.

По полученным результатам исследования выявлено, что данный грунт относится к болотному типу (рисунок 2), который при дождевой погоде создает дополнительные трудности автосамосвалам, загруженным до 110 тонн.

Во вторых выход подшипниковых узлов из строя связан с тем, что за весь период эксплуатации автосамосвалов зафиксированы следующие нарушения (рисунок 3):

- автосамосвал гар. номер № 252 – 7 рейсов;
- автосамосвал гар. номер № 253 – 11 рейсов;
- автосамосвал гар. номер № 254 – 5 рейсов.

По этим данным можно сделать умозаключить, что перевозки грузов происходили с превышением максимальной разрешенной грузоподъемности. То есть самосвалы были загружены больше максимальной грузоподъемности. Перевезенный груз с загрузкой менее 95% загрузки (недогруз – менее чем 84,1 т) составил 276 рейсов для автосамосвала 252. Номинальный полезный перевозимый груз – 88,5 т составил 1564 рейса. Максимальный перевозимый груз с 10% перегрузом – до 97,3 т составил 10615 рейсов.

Кратковременно допустимый перевозимый груз – с загрузкой до 120% (до 106,2 т) допускается не более 10% от всех перевозимых грузов, т.е. 288750 т. Фактически данный показатель составил 726409 т – 2965 рейсов, что в 2,5 раза превышает допустимое значение.

Перегруз свыше 120% – это более чем 106,2 тонн, который недопустим, составил 42 рейса.

Если принять данные № 253 рейсов за 2020 год, то можно заметить, что перегрузов в этом году в два раза больше по сравнению с 2019 годом (рисунок 3). Перевезенный груз с загрузкой менее 95% (недогруз – менее чем 84,1 т) составил 66 рейсов. Номинальный полезный перевозимый груз – 88,5 т составил 334 рейса. Максимальный

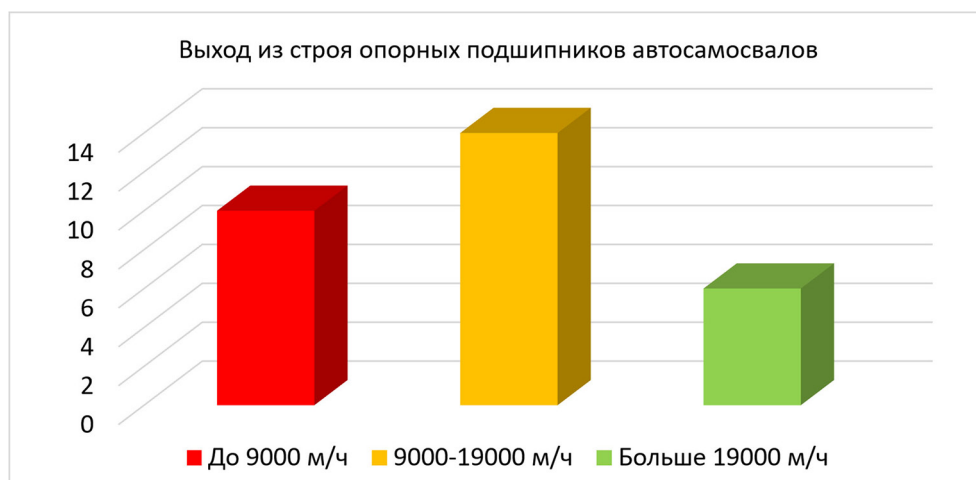


Рисунок 1 – Продолжительность работы опорных подшипников (м/ч)

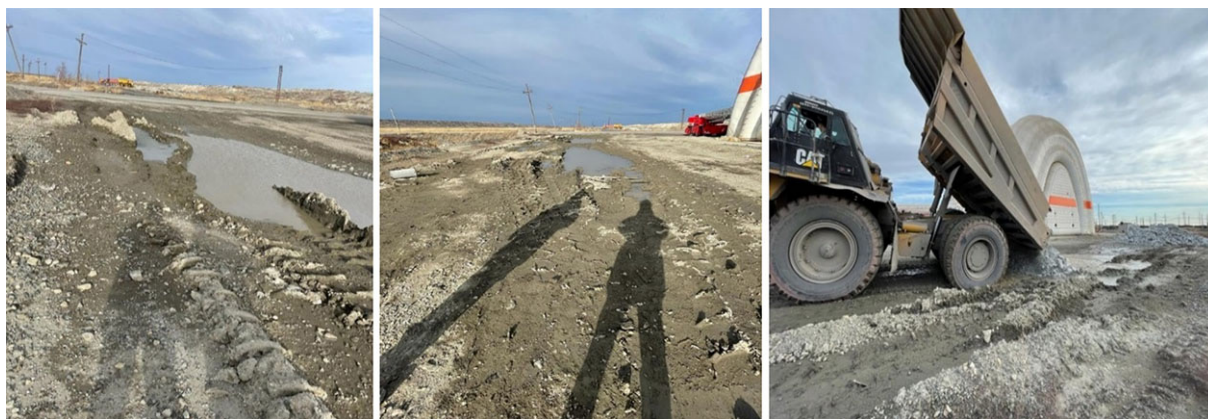


Рисунок 2 – Состояние грунта в карьерах Республики Казахстан

	№	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март		%
недогруз	252	101	24	19	27	2	5	8	11	4	5	206	1.34
100%		227	300	221	323	77	35	169	85	50	77	1564	10.16
100-110%		1053	1329	1039	1237	413	582	1207	1297	1211	1247	10615	68.96
110-120%		287	281	282	233	74	258	354	346	357	494	2966	19.27
перегруз 120%		12	4	8	7	0	5	1	3	0	2	42	0.27
												15393	
недогруз	253	29	57	17	42	47	5	8	7	5	3	220	1.50
100%		187	384	127	184	292	57	132	55	15	77	1510	10.30
100-110%		1221	1379	407	618	1068	1267	1109	1457	928	604	10058	68.59
110-120%		335	216	50	67	86	478	423	354	424	419	2852	19.45
перегруз 120%		1	2	3	1	0	3	4	1	1	8	24	0.16
												14664	
недогруз	254	122	152	48	81	65	7	10	11	2	0	498	3.39
100%		230	425	327	547	351	48	109	31	5	8	2081	14.15
100-110%		1055	1275	1063	1125	1075	1170	1006	1254	456	123	9602	65.31
110-120%		268	138	177	66	129	584	453	467	144	45	2471	16.81
перегруз 120%		6	2	4	1	2	11	7	10	5	3	51	0.35
												14703	

Рисунок 3 – Анализ рейсов с перегрузом (данные 2020 года)

перевозимый груз с 10% перегрузом – до 97,3 т составил 13072 рейса. Кратковременно допустимый перевозимый груз – с загрузкой до 120% (до 106,2 т) допускается не более 10% от всех перевозимых грузов, т.е. 28,87 т. Фактически данный показатель составил 72,64 т – 5331 рейс, что в 2,5 раза превышает допустимое значение. Перегруз свыше 120% – это более чем 106,2 тонн, который недопустим, составил 39 рейсов.

Научные результаты. В связи с ухудшением состояния внутрикарьерных дорог, вследствие резкого перепада температуры окружающей среды, рекомендуется эксплуатировать автосамосвалы в щадящем режиме во избежание повреждения узлов ходовой части [5]. Однако сама разборка и сборка узлов переднего моста являются очень сложным процессом в тяжелых эксплуатационных условиях карьеров Республики Казахстан, так как сам шворневой вал с натягом соединяется с остальными частями узлов переднего моста. Поэтому при демонтировании вала можно с легкостью повредить сам упорный подшипник,

а также втулки и сам корпус продольного рычага (рисунок 6).

Износ упорного подшипника приводит к износу шворнового вала, а также поломке других узлов переднего моста. Основной причиной выхода из строя упорного подшипника является плохое качество дорожного покрытия, в связи с резкими перепадами температуры окружающей среды. Регулярно меняющиеся нагрузки, а также состояние дорог, по которой ездят автосамосвалы, способствуют выходу из строя основных частей опорной стойки (рисунок 7). В результате полученных ударов, возникающих из-за перегруза, в главных механизмах стойки появляются люфты и стуки. Данные дефекты говорят об износе опорного подшипника, который в свою очередь приведет к нарушению углов установки колес и соответственно к сложностям в управлении автосамосвалов, а также к быстрому износу шин.

Выводы. Для эффективного использования автосамосвалов необходимо регулярно следить за состоянием внутрикарьерных дорог и обяза-

Анализ распределения перевезенных грузов автосамосвала № 253							Общая численность рейсов в месяц
Год	Месяц	≤95%	100%	100-110%	110-120%	≥120%	
2020 год	Январь	7	55	1457	354	1	1874
	Февраль	5	15	928	424	1	1373
	Март	3	77	604	419	8	1111
	Апрель	5	33	1351	585	2	1976
	Май	5	22	1371	548	5	1951
	Июнь	28	12	464	191	1	696
	Июль	6	26	1222	501	1	1756
	Август	0	13	1026	370	3	1412
	Сентябрь	2	25	1106	503	4	1640
	Октябрь	1	18	1399	503	2	1923
	Ноябрь	4	20	1369	558	1	1952
	Декабрь	0	18	775	375	10	1178
Общее кол-во рейсов		66	334	13072	5331	39	18842
Общее кол-во рейсов, %		0.35	1.77	69.38	28.29	0.2	100

Рисунок 4 – Анализ № 253 рейса с перегрузом (данные 2020 года)

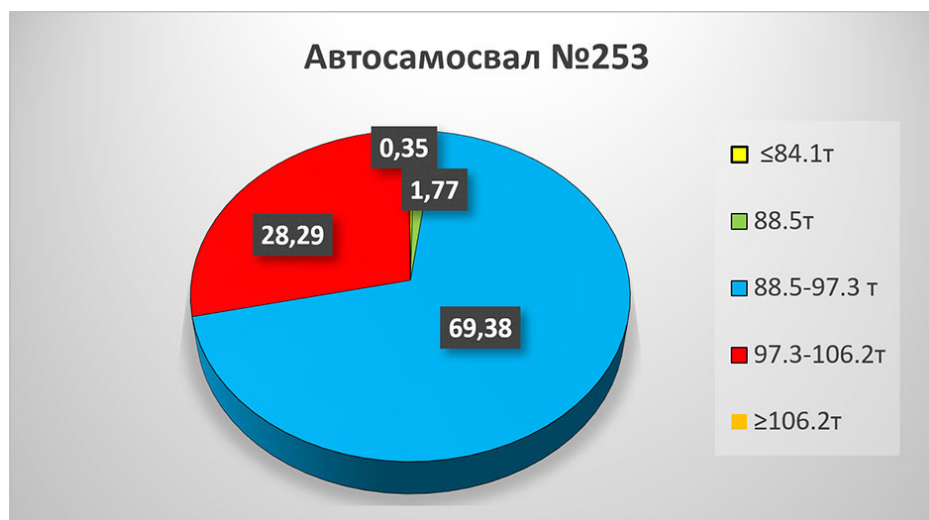


Рисунок 5 – Анализ № 253 рейса с перегрузом (данные 2020 года)

тельно обеспечивать места загрузки и разгрузки на максимально ровной площадке, так как уклон автосамосвала при погрузке негативно влияет на работу весо-измерительной системы машины и приводит к перегрузу или недогрузу. А также полностью поменять методы проведения планово-предупредительного ремонта автосамосвалов и сконструировать специальные приспособления для монтажа и демонтажа шкворневого вала

без повреждения основных элементов подшипникового узла. Так как поломка любых деталей подшипниковых узлов влечет за собой монтаж и демонтаж самого шкворневого вала, что в свою очередь могут повлечь собой поломки других деталей узлов. Поэтому специальное приспособление и методы для монтажа и демонтажа вала тоже являются задачей для дальнейшего исследования.



Рисунок 6 – Ремонтные работы автосамосвалов на карьерах РК



Рисунок 7 – Дефекты подшипниковых узлов переднего моста автосамосвала

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев В.Л. Проблемы и перспективы развития открытых горных разработок // Проблемы геотехнологии и недроведения (Мельниковские чтения): Доклады международной конференции. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – Т. 2. – С. 3-7.
2. Торov В.С. Конструирование щебеночных одежд карьерных автодорог большой мощности // Тематич. сб. научн. тр. / ИГД МЧМ СССР. Свердловск, 1987. – № 79. – С. 18-20.
3. Интенсификация транспортных работ в сложных горнотехнических условиях карьера Мурунтау / Бередихин А.А., Прохоренко Г.А., Бабаков А.В. и др. // Горный журнал. 1998. – № 8. – С. 49-51.
4. Зырянов И.В., Пацианский С.Ф. Управление качеством эксплуатации технологического автотранспорта на кимберлитовых карьерах Якутии // Горные машины и автоматика. – 2003. – № 2. – С. 31-33.
5. Воронов Ю.Е., Буянкин А.В. Функциональный критерий оценки качества эксплуатации карьерных автосамосвалов // Горные машины и автоматика. 2003. – № 2. – С. 29-30.
6. Воронов Ю.Е., Буянкин А.В. Комплексная оценка и прогнозирование показателей эксплуатации карьерных автосамосвалов // Вестник КузГТУ. – 2003. – № 6. – С. 52-55.
7. Андреева Л.И., Ушаков Ю.Ю. Исследование эксплуатационной надежности карьерных автосамосвалов // Известия УГГУ. 75, 2016. Вып. 3 (43). С. 74-77.

8. Богданов А.П., Гайнуллы А.А., Левкович Р.В., Наумов Д.С., Иванов Ю.Д., Окулов К.Ю. Дефекты рам большегрузных самосвалов // Современная техника и технологии. 2015. № 11 [Электронный ресурс].
9. Цыплакова Е.Г. Анализ климатических условий и их влияние на экономический ущерб при эксплуатации автотранспорта // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина; Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина. Т. 6. Вып. 4. 2012. – С. 188-199.

Ауыр пайдалану жағдайында жұмыс істейтін автосамосвалдардың жүктелген бөлшектерінің бұзылуын зерттеу

¹***НИКОНОВА Татьяна Юрьевна**, т.ғ.к., доцент, nitka82@list.ru,
¹**ЖЕТЕСОВА Гульнара Сантаевна**, т.ғ.д., профессор, zhetesova@mail.ru,
¹**ЮРЧЕНКО Василий Викторович**, PhD, кафедра меңгерушісі, juvv76@mail.ru,
¹**КАБИДЕНОВ Думан Курметович**, докторант, miko-20-03@mail.ru,
¹**ДАНДЫБАЕВ Есим Серикович**, аға оқытушы, y.dandybayev@hansa-flex.com,
¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,
 *автор-корреспондент.

Аңдатпа. Қазақстан Республикасы әлемдік нарықта шикізатты ең ірі экспорттаушы елдердің бірі болып табылады, сондықтан да самосвалдар мен экскаваторлар еліміздің табиғи ресурстарының тау-кен өнеркәсібінде үлкен рөл атқарады. Арнайы техникалардың бұзылуы Республика экономикасына үлкен зиян келтіруі мүмкін. Сондықтан ауыр карьер жағдайында самосвалдарды пайдалану кезінде туындайтын мәселелерді зерделеу және ақауларды дер кезінде алдын алу еліміздің тау-кен өнеркәсібінің тұрақты дамуы мен өркендеуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Жұмыстың негізгі мақсаты: жүк көтергіштігі 110 тоннаға дейінгі самосвалдардың мойынтірек агрегаттарының бұзылу себептерін зерттеу. Сонымен қатар, бар мәселелерді шешу жолдары мен әрі қарай зерттеу үшін бастапқы деректер берілген. Ел экономикасы табиғи ресурстарды өндірумен тікелей байланысты болғандықтан бұл тақырып өзекті болып табылады. Автосамосвалдардың техникалық ақауларын дер кезінде жою өндірістің барлық жоспарларын орындауға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: самосвал, инженерлік талдау, аналитика, тау-кен өнеркәсібі, зерттеу, модель, талдау, сапа, критерий, арнайы құрылғы.

Investigation of Breakdowns of Loaded Parts of Dump Trucks Operating Under Severe Operating Conditions

¹***NIKONOVA Tatyana**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, nitka82@list.ru,
¹**ZHETESSOVA Gulnara**, Dr. of Tech. Sci., Professor, zhetesova@mail.ru,
¹**YURCHENKO Vasily**, PhD, Head of Department, juvv76@mail.ru,
¹**KABIDENOV Duman**, Doctoral Student, miko-20-03@mail.ru,
¹**DANDYBAEV Yessim**, Senior Lecturer, y.dandybayev@hansa-flex.com,
¹NPJSC «Abylqas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,
 *corresponding author.

Abstract. The Republic of Kazakhstan is one of the largest exporters of raw materials in the world market, so dump trucks and excavators play a major role in the mining industry of the country's natural resources. The stagnation of special equipment can bring great damage to the economy of the Republic. Therefore, the study of the problems that arise during the operation of dump trucks in difficult quarry conditions and timely troubleshooting will allow the country's mining industry to ensure stable development and prosperity. The main purpose of the work is to study the causes of breakdowns in the bearing units of dump trucks with a load capacity of up to 110 tons. Also, ways to solve the existing problems and initial data for further research are presented. This topic is relevant, since the country's economy is directly related to the extraction of natural resources. Timely elimination of technical problems of equipment will allow to fulfill all production plans.

Keywords: dump truck, engineering analysis, analytics, mining industry, research, model, analysis, quality, criterion, special device.

REFERENCES

1. Yakovlev V.L. Problemy i perspektivy razvitiya otkrytyh gornyh razrabotok // Problemy geotekhnologii i nedrovedeniya (Mel'nikovskie chteniya): Doklady mezhdunarodnoj konferencii, 6-10 iyulya 1998g. Ekaterinburg: UrO RAN, 1998. – T. 2. – Pp. 3-7.
2. Torov V.S. Konstruirovaniye shchebenochnykh odezhd kar'ernykh avtodorog bol'shoj moshchnosti // Tematich. sb. nauchn. tr. / IGD MCHM SSSR. Sverdlovsk, 1987. – No. 79. – Pp. 18-20.
3. Intensifikatsiya transportnykh rabot v slozhnykh gornotekhnicheskikh usloviyakh kar'era Muruntau / Beredihin A.A., Prohorenko G.A., Babakov A.B. i dr. // Gornyj zhurnal. 1998. – No. 8. – Pp. 49-51.
4. Zyryanov I.V., Pacianskiy S.F. Upravleniye kachestvom ekspluatatsii tekhnologicheskogo avtotransporta na kimberlitovykh kar'erakh YAkutii // Gornye mashiny i avtomatika. – 2003. – No. 2. – Pp. 31-33.
5. Voronov YU.E., Buyankin A.V. Funktsional'nyy kriteriy ocenki kachestva ekspluatatsii kar'ernykh avtosamosvalov // Gornye mashiny i avtomatika. 2003. – No. 2. – Pp. 29-30.
6. Voronov YU.E., Buyankin A.V. Kompleksnaya ocenka i prognozirovaniye pokazatelej ekspluatatsii kar'ernykh avtosamosvalov // Vestnik KuzGTU. – 2003. – No. 6. – Pp. 52-55.
7. Andreeva L.I., Ushakov YU.YU. Issledovaniye ekspluatatsionnoj nadezhnosti kar'ernykh avtosamosvalov // Izvestiya UGGU. 75, 2016. Vyp. 3 (43). Pp. 74-77.
8. Bogdanov A.P., Gajnulli A.A., Levkovich R.V., Naumov D.S., Ivanov YU.D., Okulov K.YU. Defekty ram bol'shegruznykh samosvalov // Sovremennaya tekhnika i tekhnologii. 2015. No. 11 [Elektronnyy resurs].
9. Cyplakova E.G. Analiz klimaticheskikh uslovij i ih vliyaniye na ekonomicheskij ushcherb pri ekspluatatsii avtotransporta // Vestnik Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta im. A.S. Pushkina; Leningradskiy gosudarstvennyy universitet im. A.S. Pushkina. T. 6. Vyp. 4. 2012. – Pp. 188-199.