

УДК 629.353

АНАЛИЗ ПРИЧИН НИЗКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Власов Ю.А., Спирин Е.Н., Ляпин А.Н., Ляпина О.В., Чечулин К.Н.

*ФГБОУ ВПО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»,
Томск, e-mail: yury2006@yandex.ru*

Выполнен анализ номенклатуры карьерных автосамосвалов работающих в горнодобывающей отрасли. Установлено, что условия открытых горных разработок значительно снижают эксплуатационную надежность агрегатов автосамосвалов оборудованных замкнутыми системами смазки. Показано, что существующая система технического обслуживания и ремонта не позволяет повысить коэффициент технической готовности карьерного автопарка. Статистика отказов по отдельным агрегатам показывает, что наиболее критическими являются агрегаты, которые оборудованы замкнутыми системами смазки. Значит диагностика агрегатов автосамосвалов по параметрам работающего масла способна выявлять неисправности на ранних стадиях, что в значительной степени будет приводить к снижению затрат на техническое обслуживание и сокращению простоев автомобилей в ремонте.

Ключевые слова: карьерный автосамосвал, техническое обслуживание, ремонт, эксплуатация, отказ

ANALYSIS OF THE REASONS OF LOW OPERATIONAL RELIABILITY OF CAREER DUMP TRUCKS

Vlasov Yu.A., Spirin E.N., Lyapin A.N., Lyapina O.V., Chechulin K.N.

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, e-mail: yury2006@yandex.ru

The authors performed an analysis of the range of career dump trucks working in the mining industry. It is established that the conditions of open-pit mining significantly reduces the operational reliability of units of dump trucks equipped with closed lubrication systems. It is shown that the existing system of technical maintenance and repair does not allow to increase the ratio of technical readiness car fleet. Statistics of failures on individual aggregates shows that the most critical are the units that are equipped with closed lubrication systems. Means diagnostics units of dump trucks on the parameters of working oil is able to detect faults at early stages. This will lead to lower maintenance costs and reduce downtime of vehicles in repair.

Keywords: dump truck, maintenance, repair, operation, failure

Основным видом транспортных средств, в условиях открытых разработок месторождений полезных ископаемых, являются карьерные автосамосвалы (КАС). В России, главным образом, эксплуатируются автосамосвалы ПО «БелАЗ», которые также поставляются на рынки ближнего и дальнего зарубежья. За более чем полувековую историю автозаводом было разработано более 400 модификаций и выпущено свыше 120 тысяч единиц карьерных самосвалов грузоподъемностью от 27 до 360 тонн. В последние десятилетия в России появились самосвалы нового поколения грузоподъемностью 55–60, 90, 160, 240 и 320–360 т, оптимально соответствующие потребностям горнодобывающей промышленности [1–7].

Расширяя номенклатуру выпускаемой продукции, ПО «БелАЗ» постоянно ведет работу по повышению надежности серийно выпускаемых узлов и агрегатов, уделяет большое внимание созданию бортовых систем управления безопасностью и получения информации о параметрах работы узлов и систем, обеспечивает комфортные условия для водителей.

В 70–80 годы 20 века самосвалы БелАЗ-7548 грузоподъемностью 42 тонны являлись основным технологически транспортом в карьерах и крупных строительных сооружениях. Однако с ухудшением горнотехнических условий открытых горных разработок, связанных с увеличением глубины и пространственных размеров карьеров, спрос на самосвалы такой грузоподъемности снизился. Приоритеты для карьеров большой мощности, с позиции увеличения производительности по горной массе, были отданы самосвалам большой и особо большой грузоподъемности с электромеханическими трансмиссиями (ЭМТ) [8, 9, 10, 11].

Тем не менее, «ниша» в классе грузоподъемности самосвалов до 75 тонн не опустела. На смену пришли 45-тонные БелАЗ-7547 и 55–60-тонные БелАЗ-7555. Такие самосвалы, оснащенные гидромеханическими трансмиссиями (ГМТ), сегодня используются в карьерах при добыче полезных ископаемых не только малой и средней мощности, но и большой, где глубина может превышать более 200 м.

В настоящее время все карьерные автосамосвалы БелАЗ в классах грузоподъемности до 75 т оснащены ГМТ, которые имеют более высокую эффективность механической силовой передачи, по сравнению с ЭМТ, и что делает возможным эксплуатацию самосвалов на затяжных и повышенных уклонах без перегрева узлов трансмиссии. Однако основным недостатком ГМТ является более низкий ресурс до капитального ремонта основных узлов и возрастание общих издержек за период эксплуатации самосвалов [8, 12].

Зарубежные автопроизводители карьерного автотранспорта (Caterpillar, Haulpak, Perlini, O&K, Terex и др.), аналогично производителям БелАЗ, оснащают самосвалы грузоподъемностью до 65 т ГМТ примерно с одинаковыми характеристиками [13–18]. В последние 15–20 лет практически все фирмы-производители вели активные работы по переоборудованию 90–218-тонных самосвалов гидромеханическими трансмиссиями, что свидетельствует о перспективности использования ГМТ в приводах карьерного автотранспорта.

Белорусский автозавод уже длительное время ведет проектные работы по созданию самосвалов с ГМТ грузоподъемностью более 90 т. Но отсутствие необходимого опыта не позволяет запустить в производство автомобили с данным типом трансмиссий, которые будут предназначены, в первую очередь, для горнодобывающей отрасли России и стран СНГ [18].

Например, в России более 40 % добываемого угля сосредоточено в Кузбассе [19]. В связи с более низкой рентабельностью подземных работ и вынужденным закрытием ряда шахт, возрастает значение открытого способа добычи угля [20, 21]. При этом около 50 % угля Кузбасса добывается открытым способом, где в разработках принимают участие около 20 акционерных обществ и компаний.

Для осуществления транспортного процесса на предприятиях Кузбасса сделана ставка на использование самосвалов с ГМТ марок БелАЗ-7540 (540) грузоподъемностью 30 (27) т, БелАЗ-7548 (548) – 42 (40) т, БелАЗ-7547 – 45 т, БелАЗ-7555 – 55–60 т. Выбор БелАЗов с ГМТ обосновывается во многом тем, что такие автосамосвалы эксплуатируются длительное время и хорошо изучены [22–24]. В работе [18] проводится анализ эксплуатационных показателей самосвалов с ГМТ в сравнении с ЭМТ, где показана равнозначность влияния технических характеристик привода на эксплуатационные показатели самосвалов с ЭМТ и ГМТ.

Самосвалы БелАЗ, как транспорт рабочей зоны карьера, в наибольшей степени подвержены воздействию усложняющихся с глубиной горнотехнических условий разработки [1, 12]. Производство вскрышных работ, в таком случае, зависит от грузоподъемности самосвалов, которые, в свою очередь, ограничиваются мощностью двигателя, несущей способностью шин и типом применяемых трансмиссий. Увеличение объемов вскрышных работ снижает производительность карьерного автотранспорта, самосвалы испытывают повышенные нагрузки, и это негативно сказывается на надежности их силовых агрегатов [25–27].

Совершенствуя производственные процессы при разработке открытых месторождений полезных ископаемых, за счет передовых технологий и комплексной механизации [28, 29], карьерному автотранспорту отводится первостепенная роль в грузоперевозках. Однако, высокая стоимость автосамосвалов, их зависимость от качества дорог и климатических условий, а также значительная трудоемкость технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), существенно ограничивают рост производительности КАС на предприятиях горнодобывающей отрасли.

Например, на рынке карьерной техники, в зависимости от возраста и модификации, автосамосвал БелАЗ-7555 может стоить 9 млн руб. [30]. Таким образом, даже БелАЗ не очень большой производственной мощности весьма дорог и потеря его работоспособности отразится миллионными затратами.

Проведение ТО и Р автосамосвалов является важным и необходимым производственным процессом в технологических процессах открытых горных работ [28, 29]. Затраты на проведение ТО и Р автомобиля составляют 35–38 % от затрат на перевозки. По данным [31], трудовые затраты на ТО и Р автосамосвала составляют 86,8 %, на капитальный ремонт – 8,5 %, а на производство автомобиля – всего 4,7 %. Следовательно, вопрос снижения затрат на ТО и ремонт КАС является актуальным.

Постановка проблемы. В настоящее время в России эксплуатация КАС регламентируется системой ТО и Р, которая отражена в нормативных документах: «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» [32] и «Положение о техническом обслуживании и ремонте автомобилей БелАЗ грузоподъемностью 75 т и более (временное)» [33]. Данные документы были разработаны более 25 лет назад, и до настоящего времени не пересматривались. Следует отметить, что за прошедший период времени

существенно обновился парк отечественных автомобилей, стали более совершенны технологические процессы ТО и Р, и предлагаются рациональные цикловые графики периодичности технического обслуживания [31, 34, 35].

Исследования, которые были выполнены в ОАО ХК «Якутуголь» в конце 90-х годов прошлого века, показали [36], что даже полное соблюдение существующей системы ТО и Р, согласно [32, 33], не дало желаемого результата по поддержанию КАС в технически исправном состоянии. Коэффициент технической готовности (КТГ) с возрастом автомобилей по маркам постоянно снижался, и находился в пределах 0,45–0,65, что, на наш взгляд, является недопустимо низким. При этом наибольшее число отказов приходилось на двигатели, узлы и агрегаты гидромеханической трансмиссии и гидравлической системы.

Подобная ситуация наблюдалась в автотранспортном управлении ОАО Разрез «Шестаки», входящего в группу предприятий ЗАО «Стройсервис» Кузбасса. Нашими исследованиями было установлено, что простои автосамосвалов БелАЗ, связанные с неисправностями двигателя, составляют 29% в общем балансе простоев, агрегатов трансмиссии – 17%, гидравлических систем – 8%, проведением ТО – 6%. Большое количество простоев связано с ремонтом и заменой шин – 14%, а 24% составляют долю простоев остальных неисправностей (тормозной системы, ходовой части, электрооборудования, рамы, оперения, кабины и грузовой платформы). Также установлено, что 27% простоев связано с устранением постепенных (износных) отказов.

Основными причинами постепенных отказов агрегатов, являются абразивные и коррозионно-механические изнашивания, которые характерны для агрегатов, оборудованных замкнутыми системами смазки [37–39]: двигатели внутреннего сгорания (ДВС), гидромеханические передачи (ГМП), коробки переключения передач (КПП), редукторы ведущих мостов (РВМ), редукторы мотор-колес (РМК), гидравлические системы (ГС).

Исследования отказов механических передач КАС [38, 40], в условиях угольного разреза АО «Вахрушевуголь» Кузбасса, установили, что зубчатые колеса работают при высоких нагрузках, относительно небольших скоростях и при значительных изменениях крутящего момента. Поэтому, преобладающими являются постепенные отказы (до 80% от количества всех отказов): износ шлицев торсионного вала, фланцев и шестерен, усталостное нормальное или интенсивное выкрашивание рабочей поверхности зуба, износ сепараторов подшипников сателлитов, ослабление креплений деталей, износ и повреждение манжет.

Одновременно в автосамосвалах БелАЗ имеют место и внезапные отказы, 20% которых, возникают при сочетании неблагоприятных факторов. К таким отказам относятся повреждения корпуса редуктора, откол зубьев шестерен и срез шлицев торсионного вала. Эти отказы связаны с повышением усталостной прочности металла и ростом концентраций механических примесей в масле.

Так планетарные РМК автосамосвалов БелАЗ грузоподъемностью свыше 75 т, с электромеханической трансмиссией, имеют ряд «критических» деталей: солнечные шестерни 1-го и 2-го ряда, сателлиты, подшипники сателлитов, торсионные валы и сапуны. При этом эксплуатационный ресурс подшипников РМК ниже нормативного в 1,3–1,5 раза.

Наиболее характерными отказами РМК в эксплуатации является утечка масла через уплотнения и соединения. Доля таких отказов у автосамосвалов БелАЗ-7519 и их модификаций составляет 36,7%, у – БелАЗ-75211 (Бачатский угольный разрез ОАО «УК Кузбассразрезуголь») – до 55%. Достаточно частыми являются случаи разрыва уплотнительной прокладки под крышкой смотрового окна и наружной крышки, неработоспособное состояние или отсутствие сапуна, и как следствие, накопление в масле РМК твердых частиц продуктов износа деталей и загрязнений. При этом величина утечек может достигать от 10% и более на 1000 км пробега, а содержание кремния в масле – 0,086%. При удовлетворительном техническом состоянии герметичности РМК содержание кремния в работающем масле находится в пределах 0,032%.

Статистика отказов РМК автосамосвалов БелАЗ75211 показала: износ торсионного вала и шестерен, выкрашивание поверхности и облом зубьев составили 2%; износ подшипников сателлитов – 2%; износ сальников, подтекание масла, вследствие нарушения герметичности – 4,5%; неремонтопригодные РМК (например, трещины корпусных деталей) – 3%. Доля отказов РМК в общем балансе неисправностей автосамосвала составила 11,5%.

Данные исследования были проведены в условиях эксплуатации КАС на угольных карьерах Кузбасса в 90-е годы [38]. Однако спустя десятилетия ситуация существенно не изменилась по причине отсутствия надлежащего контроля и ТО. Исследования [41] на предприятиях ОАО «УК Кузбассразрезуголь» позволили выполнить ранжирование причин и оценить удельный вес отказов автосамосвалов в условиях эксплуатации (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Причины и удельный вес отказов в работе автосамосвалов на предприятиях ОАО «УК Кузбассразрезуголь» [41]

Причина	Кедровский		Моховский		Бачатский		Калтанский	
	моточас	%	моточас	%	моточас	%	моточас	%
ДВС	7986,2	11,38	1623,3	12,65	19265,6	24,91	9165,0	26,58
Электропривод	10032,4	14,29	0,0	0,00	13998,3	18,10	2896,0	8,39
Рулевое управление	856,1	1,22	356,6	2,78	2489,0	3,22	359,0	1,04
Тормозная система	2165,6	3,08	523,1	4,07	2389,1	3,09	679,0	1,97
Шиномонтажные работы	15798,0	22,51	1165,3	9,08	8698,0	11,24	2157,0	6,25
Сварочные работы	7234,3	10,31	800,2	6,24	4111,1	5,31	3548,4	10,30
РМК	18286,7	26,05	5855,7	45,63	23100,8	29,86	10977,4	31,83
Прочие трансмиссии	7837,2	11,16	2509,6	19,55	3300,4	4,27	4704,6	13,64
Итого	70196,5	100	12833,8	100	77352,3	100	34486,4	100

Таблица 2

Причины простоев автосамосвалов на предприятиях ОАО «УК Кузбассразрезуголь» [41]

Рейтинг по отказам	Кедровский	Моховский	Бачатский	Калтанский
1	РМК	РМК	РМК	РМК
2	Шиномонтажные работы	Прочие трансмиссии	ДВС	ДВС
3	Электропривод	ДВС	Электропривод	Прочие трансмиссии
4	ДВС	Шиномонтажные работы	Шиномонтажные работы	Сварочные работы
5	Прочие трансмиссии	Сварочные работы	Сварочные работы	Электропривод

Подобная ситуация наблюдается и у КАС с гидромеханической трансмиссией. В работе [37] указывается, что причиной выхода из строя ГМП автосамосвалов БелАЗ грузоподъемностью до 75 т, является ухудшение качества ТО, что снижало среднюю наработку на отказ до 38,2 тыс. км. При этом отмечалось, что ремонт нередко выполнялся запасными частями низкого качества без надлежащего технического контроля. Как следствие – увеличение темпов изнашивания дисков фрикционов, повышенное загрязнение рабочих жидкостей, возникновение абразивного износа сопрягаемых поверхностей, утечки, рост температуры и перегрев агрегата.

Выход из строя фрикционов ГМП связан с постепенными отказами, которые вызваны предельным износом (47,2%) и спеканием дисков (12,1%), низким качеством масла, отложениями продуктов износа в бустере фрикционов (11,9%) и полостях золотников (7,2%), утечками масла из корпуса (10,3%) и перетеканием масла внутри ГМП (33,8%).

Низкий уровень технического состояния ГМП отмечается в работе [37]. Характерными неисправностями ГМП, приводящими к отказам, являются негерметичность конструкции (32,2%), дефекты масляных

насосов (28,0%), износ дисков двойного фрикциона (21,0%), износ вилки заднего хода (18,8%).

Характерными причинами преждевременных отказов редукторов главных передач (РГП) автомобилей КраЗ-256Б являются эксплуатационные факторы, влияющие на износ деталей. В автообъединении «Томскстройтранс» в условиях Западной Сибири доля отказов РГП постепенного износного характера составила 48,1%, облом зубьев сателлитов и полуосевых шестерен – 23,1%, прочие отказы – 28,8%.

Анализ отказов коробок переключения передач автомобилей МАЗ и КраЗ показал, что их доля в общем балансе составляет 12,3 и 13,5% соответственно [38]. При этом поверхности зубьев шестерен, сепараторов подшипников, шеек валов и других деталей имеют структурные и геометрические изменения форм по причине износа.

Авторы работы [42] показывают, что износ не только снижает нагружающую способность на узлы и детали механических передач, работающих в масле, но и приводит к внезапным отказам. Подшипники КПП, редуктора среднего моста (РСМ) и РВМ главным образом выходят из строя по причине износа. Шестерни КПП имеют износ

в 34 % случаев, облом зубьев – 45,3 %, усталостное поверхностное выкрашивание – 20 %, прочие – 0,7 %. Отказы деталей РСМ распределяются следующим образом: износ полуосей – 43,6 %, облом полуоси – 54,2 %, прочие – 2,2 %; износ шестерен – 14,4 %, облом зубьев – 63,2 %, прочие – 22,4 %. Отказы деталей РЗМ распределяются следующим образом: износ полуоси – 36 %, облом полуоси – 60 %, прочие – 4 %; износ шестерен – 2,8 % усталостное поверхностное выкрашивание – 13,4 %, облом зубьев – 74,5 %, прочие (сколы, срывы, смятия) – 9,3 %.

Автор работы [37] показывает, что доля отказов 2–3 «критических» деталей КПП и РВМ составляет более 50 % от всех отказов данных агрегатов, а затраты на их устранение составляют 75...80 % от общей суммы затрат.

Анализ надёжности гидравлических элементов автомобилей показал [43, 44], что наряду с выходом из строя быстроизнашивающихся деталей, таких как резиновые уплотнения валов и штоков, постоянно находящихся в движении, имеет место выход из строя самих гидравлических узлов и механизмов, а также элементов гидроавтоматики.

Наиболее распространенными агрегатами гидравлических систем КАС являются насосы, силовые гидравлические цилиндры и гидромоторы. Наибольшее число неисправностей агрегатов гидравлических систем связано с нарушением работоспособности прецизионных пар и элементов уплотнения [45]. При этом преобладающее количество неисправностей происходит вследствие неисправной работы регулирующих и распределительных устройств, а также плунжерных и поршневых пар.

Например, периодическое нарушение подачи масла насосом является следствием заедания клапанов системы регулирования. Неправильное функционирование исполнительного механизма следящего гидродвижения вызывается возрастанием трения в распределительном устройстве. Поломка узлов насосов и разрушение гидромоторов нередко являются следствием заклинивания плунжерных или поршневых пар ротора.

Существенное влияние на надежность гидроагрегатов оказывают физико-химические свойства рабочих жидкостей, которые создают антифрикционную среду для работы деталей. Особое влияние на работоспособность пар трения оказывает загрязненность масел нерастворимыми твердыми частицами.

В гидравлических системах, несмотря на наличие фильтров, находятся продукты атмосферного загрязнения и элементы износа, размеры которых соизмеримы с зазорами сопрягаемых деталей или щелевых уплотнений [46, 47].

Твердость частиц абразивного загрязнения значительно превышает твердость материала, из которого изготавливают детали. Движущиеся частицы с рабочей жидкостью в гидросистеме попадают в зазоры между рабочими поверхностями сопрягаемых деталей, что вызывает увеличение сил трения и, как следствие, повышенный износ или заклинивание деталей. Концентрация загрязнений в жидкости неравномерна [45, 48], число частиц малого размера значительно превышает число частиц крупного размера. Существующая норма степени загрязненности рабочей жидкости 0,005 % по массе [49] является малообоснованной. Она не устанавливает предельного допустимого загрязнения ни по размеру, ни по характеру частиц.

Гидросистема КАС с технической точки зрения характеризуется комплектом узлов и агрегатов, имеющих общую замкнутую систему смазки. Поэтому гидравлическое масло является источником и носителем информации о техническом состоянии гидросистемы. Для эффективного использования такой информации необходимо владеть информацией об эксплуатационной надежности гидросистемы и ее отказах.

Как правило, гидросистема включает комплекс механизмов управления. Например, гидросистема автосамосвалов БелАЗ объединяет тормозную систему, гидроусилитель руля и подъемный механизм платформы. Доли отказов гидросистем автосамосвалов БелАЗ-7555, согласно наблюдениям [40, 50], распределяются следующим образом: подъемный механизм платформы – 61 %; автомат разгрузки насоса – 31 %; механизм тормозной системы – 4 %; механизм гидроусилителя руля – 4 %.

Двигатели автомобилей являются наиболее изученными силовыми энергетическими агрегатами [51, 52]. Совершенствование технологий изготовления ДВС, использование новых износостойких материалов, применение новых видов обработки, улучшение свойств смазочных масел и их очистки влекут за собой снижение износа деталей. Такая тенденция развития характерна для двигателестроителей и производителей смазочных материалов. Тем не менее, эти мероприятия не могут всецело избавить ДВС от внешних и внутренних эксплуатационных факторов. В работах [51, 52] отмечается, что основными деталями, подвергающимися износу, являются детали цилиндропоршневой группы. Преобладающими видами износа являются: абразивный, при схватывании, коррозионно-механический. Данные виды износа, как правило, являются стимуляторами других видов износа, которые могут протекать одновременно. Однако, несмотря

на многочисленные работы по улучшению условий производства и эксплуатации, до сих пор основными деталями, характеризующими интенсивность износа ДВС, являются пары трения: кольцо – гильза; шейка вала – вкладыш (подшипник скольжения); поршневой палец – втулка верхней головки шатуна; кулачок распределительного вала – тарелка толкателя. Об этом свидетельствуют отказы ДВС в условиях эксплуатации [50].

Эксплуатация КАС происходит в условиях повышенной запыленности. Частицы дорожной пыли, попадая в работающее масло, приводят к повышенному абразивному изнашиванию деталей. Низкая температура ДВС при эксплуатации в зимнее время приводит к интенсивному нагарообразованию и закоксовыванию поршневых колец, это приводит к ускоренному «старению» масла и повышенному износу. Использование масла повышенной вязкости вызывает масляное «голодание» при запуске двигателя. Это дополнительный расход моторесурса ДВС, а длительная работа двигателя на холостом ходу также снижает его долговечность. Все перечисленные факторы приводят к относительно невысокому ресурсу силовых установок [53].

Проведенные авторами исследования автомобилей БелАЗ в условиях ОАО разрез «Шестаки» (г. Гурьевск, Кемеровская обл.) позволили проанализировать статистику отказов (табл. 3) и выявить агрегаты (и системы) наиболее «слабые» в эксплуатации.

гаты, имеющие замкнутые системы смазки, и отказы которых составляют значительную долю в общем балансе отказов КАС – от 38 до 48%, то информацию об их технических состояниях можно получить на базе информации, источником и носителем которой является смазочное масло. Для этого на базе информации, полученной от работающего масла, следует выявить самый ненадежный элемент системы и назначить комплекс мер по ТО и Р, который позволит управлять техническим состоянием автомобиля.

Проведенные кафедрой «Автомобили и тракторы» Томского государственного архитектурно-строительного университета, с участием авторов, в автопредприятиях горнодобывающей отрасли Кузбасса внедрения служб контроля и управления надежностью агрегатов автомобилей по параметрам работающего масла (ПРМ) [37–40, 50] показали, что для диагностики агрегатов КАС и контроля качества работающих масел необходимым и достаточным будет комплекс параметров, который будет включать определение: негорючих механических примесей, температура вспышки масла, наличия воды, наличия водорастворимых кислот и щелочей, концентраций загрязняющих компонентов и элементов присадки, выявляемых эмиссионным спектральным анализом масла (ЭСАМ). При этом диагностика по ПРМ способна выявлять комплекс неисправностей КАС.

Таблица 3

Статистика отказов КАС в ОАО разрез «Шестаки», %

Наименование агрегата	БелАЗ-7548		БелАЗ-7555	
	2005 г.	2006 г.	2005 г.	2006 г.
ДВС	29,3	26,3	8,0	10,5
Электрооборудование	6,3	6,6	4,1	3,0
ГМП	7,9	12,4	11,4	24,0
РЗМ	3,0	2,6	7,0	6,7
Шиномонтажные работы	15,9	12,4	20,7	13,5
Гидросистема	6,7	8,5	12,6	15,9
Ходовая часть	19,4	17,5	25,5	18,0
Прочие	11,5	13,7	10,7	8,4
Итого:	100	100	100	100

Решение проблемы. Карьерный автосамосвал можно представить как сложную техническую систему, силовые или энергетические агрегаты которой нерезервируются. Это значит, что выход из строя любого агрегата системы приведет к отказу автомобиля в целом. Если говорить, что элементами такой системы являются агре-

1. *Повышенные и аварийные износы отдельных деталей и узлов.* Данные виды неисправностей определяются ЭСАМ, преимуществом которого является способность раннего обнаружения начала повышенного или аварийного износа.

2. *Неисправности топливной аппаратуры.* Эти неисправности связаны с ухудшением

технического состояния топливной аппаратуры или с нарушением герметичности топливопроводов и топливных насосов, находящихся внутри агрегата. В первом случае это приводит к неполному сгоранию топлива двигателя, во втором – к утечкам топлива в масляную систему двигателя. В обоих случаях увеличиваются топливные фракции в работающем масле, вследствие чего происходит снижение его вязкости и температуры вспышки.

3. *Утечки охлаждающей жидкости в масляную систему.* Данный вид неисправности связан с нарушением герметичности системы охлаждения двигателя. Установить эту неисправность можно путем непосредственного определения содержания охлаждающей жидкости в работающем масле.

4. *Неисправности системы очистки масла.* Такие неисправности приводят к повышенному загрязнению работающего масла механическими примесями, и диагностика этих неисправностей осуществляется по показателям, которые характеризуют его загрязнение.

5. *Неисправности системы очистки воздуха.* Эти неисправности могут быть вызваны нарушением технического состояния воздушного фильтра и нарушением герметичности воздухопроводящих патрубков. В обоих случаях это приводит к значительному повышению содержания кремния в работающем масле. Данный вид неисправности целесообразно определять ЭСАМ.

6. *Нарушение работы системы вентиляции картера.* Эта неисправность косвенно проявляется через показатели работающего масла, которые характеризуются процессами окисления и загрязнения масла топливными фракциями.

Кроме того, ПРМ позволяют также обнаруживать и ряд других неисправностей, специфичных для конкретных моделей двигателей или агрегатов автомобилей.

Вывод

Проблеме снижения эксплуатационной надежности КАС следует противопоставлять мероприятия эффективного использования агрегатов и смазочного масла, базируемых на методах их оценки и контроля. Такие методы должны вскрывать механизмы сложных физико-химических процессов, протекающих в системе «агрегат – масло», и позволять задолго до наступления отказов определять и устранять причины их возникновения.

Список литературы

1. Бахтурин Ю.А. Современные тенденции развития карьерного транспорта // Горный Информационно-Аналитический Бюллетень. – 2009. – № 7.
2. Егоров А.Н. Карьерный самосвалы БелАЗ // Горная промышленность. – 2001. – № 6.
3. Карьерные самосвалы / Холдинг «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ». – 2013. – URL: <http://www.belaz.by/catalog/products/dumptrucks> (дата обращения 14.08.2013).
4. Карьерные самосвалы мировых производителей / Обзор по материалам «Мировая Горная Промышленность» // Горная промышленность. – 2007. – № 3.
5. Крох В.М. Карьерные самосвалы БелАЗ: Перспективы развития конструкции и сервиса // Горная промышленность. – 2003. – № 4.
6. Мариев П.Л., Анистратов К.Ю. «БелАЗ» и современные тенденции развития карьерного автотранспорта // Горная промышленность. – 2001. – № 6.
7. Потапов М.Г. Направления развития карьерного транспорта // Горная промышленность. – 2002. – № 6.
8. Егоров А.Н. Карьерные самосвалы БелАЗ с гидромеханической трансмиссией // Горная промышленность. – 2002. – № 6.
9. Егоров А.Н., Бигель Н.В. Карьерные самосвалы с электромеханической трансмиссией переменного тока // Горный журнал. – 2013. – № 1.
10. Мариев П.Л., Егоров А.Н. Новые самосвалы БелАЗ грузоподъемностью 200 тонн на разрезах Кузбасса // Горная промышленность. – 1999. – № 6.
11. Смоляков В.И. Большегрузные самосвалы БелАЗ в ОАО ХК «Кузбассразрезголь» // Горная промышленность. – 2002. – № 6.
12. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Е. Егоров, И.В. Зырянов. – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.
13. Внедорожные грузовики. Карьерные самосвалы // Cat. 2014. – URL: <http://www.cat.com> (дата обращения: 05.02.2014).
14. Горнодобывающая промышленность. Грузовики на электрическом шасси // Haulpak electrical. – 2013. – URL: <http://www.haulpak.com> (дата обращения: 05.02.2014).
15. Карьерные самосвалы // Liebherr. – 2013. – URL: <http://www.liebherr.com> (дата обращения: 05.02.2014).
16. Карьерные самосвалы // Terex Construction. – 2014. – URL: <http://www.terex.com> (дата обращения: 05.02.2014).
17. Самосвалы // Perlini. – 2013. – URL: <http://perlini.ru> (дата обращения: 05.02.2014).
18. Суздальцев Р.Е. Обоснование рациональных эксплуатационных характеристик привода карьерных автосамосвалов с гидромеханической трансмиссией: дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 1999. – 136 с.
19. Буянкин А.В. Комплексная оценка и прогнозирование показателей качества эксплуатации карьерных автосамосвалов: дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2004. – 305 с.
20. Ждамиров В.М. Проблемы открытого способа добычи угля и пути их решения в Российской Федерации // Уголь. – 1992. – № 10.
21. Кузнецов В.И. Развитие открытой добычи угля в Кузбассе // Проблемы открытой добычи угля в Кузбассе: сб. трудов. – Кемерово: Родник, 1990. – С. 5–9.
22. Автомобильный транспорт на карьерах. Конструкция, эксплуатация, расчет / В.С. Квагинидзе, Г.И. Козовой, Ф.А. Чакветадзе, Ю.А. Антонов, В.Б. Корецкий. – М.: Горная книга, 2012. – 408 с.
23. Циперфин И.М., Казарез А.Н. Техническое обслуживание и ремонт автосамосвалов БелАЗ. – М.: Высш. шк., 1982. – 304 с.

24. Циперфин И.М., Штейн В.Д. Эксплуатация карьерных автосамосвалов. – М.: Высш. шк., 1987. – 320 с.
25. Анистратов К.Ю. Техническое обслуживание карьерной техники: современный уровень и перспективы // Горная промышленность. – 2007. – № 3.
26. Проблемы карьерного транспорта // Горная промышленность. – 1995. – № 3.
27. Стребков П.М. Проблемы сервисного обслуживания в горной индустрии на современном этапе // Горная промышленность. – 2007. – № 5.
28. Ржевский В.В. Открытые горные работы: Производственные процессы. – М.: ЛИБРОКОМ, 2013. – 512 с.
29. Ржевский В.В. Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация. – М.: ЛИБРОКОМ, 2014. – 552 с.
30. Продажа спецтехники БелАЗ б/у и новой // Экскаватор.ру. – 2014. – URL: <http://exkavator.ru>. (дата обращения: 08.02.2014).
31. Меджидов М.А. Совершенствование методов технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2009. – 136 с.
32. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта / Мин авто транс РСФСР. – М.: Транспорт, 1986. – 72 с.
33. Положение о техническом обслуживании и ремонте автомобилей БелАЗ грузоподъемностью 75 т и более (временное). – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1985. – 78 с.
34. Беликов А.А. Разработка оптимальной стратегии технического обслуживания и ремонта пневмоколесных машин на основе оценки их текущего технического состояния: дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2000. – 161 с.
35. Корнеев С.В. Методология совершенствования системы технического обслуживания дорожных, строительных и подъемно-транспортных машин: дис. ... д-ра техн. наук. – Омск, 2003. – 299 с.
36. Квагинидзе В.С. Диагностика, техническое обслуживание и ремонт карьерного горно-транспортного оборудования в условиях низких температур: дис. ... д-ра техн. наук. – Кемерово, 2003. – 310 с.
37. Аметов В.А. Повышение надежности агрегатов трансмиссии автомобилей в условиях автотранспортных предприятий: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1987. – 158 с.
38. Власов Ю.А. Повышение долговечности редукторов мотор-колес землеройно-транспортных машин: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1998. – 170 с.
39. Тищенко Н.Т. Исследование износа машин и механизмов методом спектрального анализа масла: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1975. – 180 с.
40. Спирин Е.Н. Повышение эксплуатационной надежности строительных и дорожных машин путем модифицирования смазочных материалов: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2006. – 130 с.
41. Хорешок А.А. Метод комплексного диагностирования редукторов мотор-колес карьерных автосамосвалов в условиях предприятий ОАО «УК Кузбассразрезуголь» / А.А. Хорешок, А.В. Кудреватых // Горная промышленность. – 2010. – № 5(93) – С. 60–64.
42. Сафонов В.А. Надежность сопряжений агрегатов трансмиссии автомобилей КрАЗ-256Б / В.А. Сафонов, Н.К. Федин, А.Ф. Гусев // Научн. сб.: Повышение эффективности использования автомобильного транспорта. – Саратов: Саратов. политехн. ин-т, 1978. – Вып. 3. – С. 62–64.
43. Власов Ю.А. Диагностирование гидросистем по параметрам работающего масла / Ю.А. Власов, Ю.С. Саркисов, Н.Т. Тищенко, О.В. Пономарева, А.И. Тузовский // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин: материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень, 2009. – С. 93–97.
44. Розентуль А.П. Совершенствование системы технического обслуживания гидравлических буровых станков при низких температурах: дис. ... канд. техн. наук. – Нерюнгри, 2004. – 169 с.
45. Лозовский В.Н. Надежность гидравлических агрегатов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.
46. Беляев А.Е. Выбор параметров рабочей жидкости для диагностирования гидросистемы карьерных автомобилей / А.Е. Беляев, Ю.А. Власов, В.А. Аметов // Диагностика автомобилей: 3-я Всесоюзная научно-техническая конференция. – Улан-Удэ: РИО ВСТИ, 1989. – С. 83–84.
47. Удлер Э.И. Фильтрация нефтепродуктов. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988. – 216 с.
48. Икрамов У.А. Расчетные методы оценки абразивного износа. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
49. Матвеев А.С. Влияние загрязненности масел на работу гидроагрегатов. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 48 с.
50. Власов Ю.А. Методология диагностики агрегатов автомобилей электрофизическими методами контроля параметров работающего масла: дис. ... д-ра техн. наук. – Томск, 2015. – 368 с.
51. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Химия, 1970. – 240 с.
52. Григорьев М.А. Очистка топлива в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1991. – 208 с.
53. Двигатели внутреннего сгорания. Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей / под ред. А.С. Орлина и М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1984. – 383 с.