

дующими режимами [3]: сила тока 300А, напряжение 28В, скорость наплавки 134 м/ч, подача проволоки 4 мм/об

Твердость измеряли на образцах по схеме показанной на (рис. 2) по диаметру восстановленного вала.

Полученные результаты для первой серии образцов твердость распределяется следующим образом (рис. 3) на образцах без влияния усталостной прочности показаны на диаграмме.

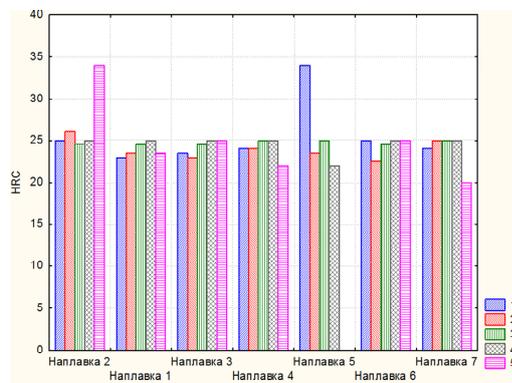


Рис. 3 - Диаграмма распределения твердости по сечению вала на образцах без влияния усталостной прочности

Проанализировав изменения твердости можно сделать вывод, что с увеличением количества восстановительных наплавок твердость в наплавочном слое уменьшается.

Получены следующие результаты для второй серии образцов отработавших свой ресурс твердость распределение твердости показано на диаграмме (рис. 4).

Из диаграммы видно, что влияние усталостной прочности снижает твердость по всему сечению образца, а в седьмом наблюдении сильно снижается твердость в наплавленном слое, что существенно уменьшает износостойкость поверхностного слоя вала.

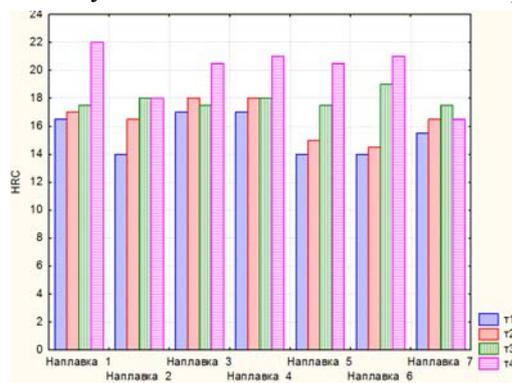


Рис. 4 - Диаграмма распределения твердости по сечению вала на образцах отработавших ресурс

Выводы и направления последующих исследований. В результате проведения исследований физико-механических свойств металла восстановленного вала шламового насоса определено распределение твердости от наплавленной зоны до основного металла и установлено, что увеличение количества восстановленных наплавок снижает время работы вала между ремонтами, и что может привести к разрушению вала. Это является основой для последующих исследований микроструктуры наплавленного слоя, зоны термического влияния и зоны основного металла.

Список литературы

1. Краснов В.И., Жильцова А.М., Набежнев В.В. Ремонт центробежных и поршневых насосов нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий: М.: Химия, 1996.- 320 с.
2. Технология производства и ремонт горных машин / П.М. Шилов. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 400 с.
3. Электрошлаковая сварка и наплавка / Под ред. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1980. – 511 с.
4. Дубровский С.С., Самошкина С.П., Орлов Е.В. Влияние дефектов полученных в процессе изготовления и монтажа на эксплуатационные свойства деталей // Вісник Криворізького національного університету. – 2012. - №32 – С. 91-93.

Рукопись поступила в редакцию 15.02.13

УДК 629.114:622.684

В.В. ПОТАПЕНКО, старший преподаватель, Д.А. ОЛЕЙНИК студент, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И РЕМОНТА КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ БЕЛАЗ

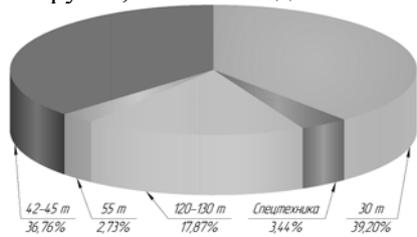
Приведен анализ условий работы горнотранспортного оборудования и систем обслуживания горных машин. Определено направление повышения эффективности эксплуатации карьерных самосвалов за счет разработки рациональной структуры системы технического обслуживания и ремонта, которая обеспечит повышение надежности и уменьшение затрат на владение.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Горнодобывающая промышленность определяет экономическое развитие страны. Открытый способ разработки полезных ископаемых преобладает, его позиции укрепляются. Современное состояние горно-транспортного оборудования характеризуется увеличением удельного веса самосвалов, доля перевозок которыми, в общем объеме карьерных потоков, составляет три четверти, затраты на транспортировку достигают половины затрат на добычу железной руды.

На промышленных предприятиях Украины эксплуатируется свыше 2500 карьерных самосвалов БелАЗ (рис.1) [1], в Кривбассе сосредоточено около трети украинского парка машин, в том числе более 250 грузоподъемностью 120-130 т.

Углубление выработок ухудшает горнотехнические условия, повышает эксплуатационные нагрузки, снижает надежность техники и эффективность транспортировки.

Рис. 1. Структура украинского парка техники «БелАЗ»



Одним из резервов снижения затрат на владение является совершенствование технического обслуживания и ремонта.

Анализ исследований и публикаций. Продолжительная и надежная работа горных машин возможна только при условии систематического и качественного проведения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту оборудования [2].

Для поддержания технического состояния горных машин на необходимом уровне реализуются различные системы технического обслуживания. Наиболее простой, не требующей специального оборудования для контроля технологических параметров, а также какого-либо технического обслуживания в течение предполагаемого периода эксплуатации, но и наиболее затратной является реактивная система технического обслуживания, при которой ремонт или замена оборудования производится в случае выхода его из строя или выработки ресурса. Стоимость ремонта по факту аварии существенно дороже запланированного ремонта.

Более высокий уровень управления обслуживанием обеспечивается системой планово-предупредительного ремонта, снижающей эксплуатационные затраты на треть, идея которой заключается в ремонте или замене оборудования ранее среднестатистического отказа с заданной вероятностью и в настоящее время является основным видом техобслуживания. Такая система состоит из техобслуживания - ежедневного и ежесуточного, месячного и сезонного; плановых ремонтов - текущих, средних, капитальных; наладок и ревизий - полугодовых и годовых. Плановые воздействия проводятся в установленные нормативами сроки и имеют дифференцированный объем в соответствии со структурой ремонтного цикла, разработанной для определенного вида оборудования. Перечень ремонтных работ для каждого вида планового ремонта устанавливается по результатам осмотров оборудования во время технического обслуживания. Однако, разборки оборудования, осуществляемые по регламенту, сокращают реальный межремонтный период в среднем 15-30%.

В связи с этим возникает необходимость перехода на более прогрессивную систему обслуживания, которая уже внедряется на предприятиях ряда отраслей промышленности - обслуживание по фактическому состоянию, идея которой состоит в минимизации (устранении) отказов путем применения методов отслеживания и распознавания технического состояния оборудования методами неразрушающего контроля по совокупности его эксплуатационных характеристик. Определена взаимосвязь между эксплуатационными параметрами и дефектами: различные дефекты имеют строго определенные диагностические признаки, появляющиеся при их возникновении, и диагностические параметры, меняющиеся по мере их развития. В качестве диагностических признаков используются технологические и режимные параметры (температура, нагрузка, давление, влажность), а также параметры вибрации (вибрационная скорость, вибрационное ускорение, вибрационное перемещение). Надежность большинства механического и электромеханического оборудования напрямую определяется вращающимися узлами и деталями, испытывающими высокие динамические нагрузки и подверженными наибольшему износу, что объясняет особое внимание специалистов к вопросам диагностики таких узлов. За последние несколько десятилетий вибрационная диагностика стала основой контроля и прогноза состояния вращающегося оборудования, по причине большого объема диагностической информации, содержащегося в колебательных силах и вибрации машин,

работающих как в номинальных, так и в специальных режимах. Техническим обеспечением вибрационной диагностики являются высокоточные средства измерения вибрации и цифровой обработки сигналов, возможности которых непрерывно растут, а стоимость снижается [3].

В случае перехода предприятия на систему техобслуживания по фактическому состоянию возникает возможность создания так называемой про-активной системы обслуживания, идея которой заключается в обеспечении максимального межремонтного срока эксплуатации оборудования за счет применения современных технологий обнаружения и подавления источников отказов, принятия мер по недопущению возникновения дефектов. Система включает: анализ причин возникновения остановов, аварий, обеспечение соблюдения требований техусловий при монтаже и ремонте оборудования, оценку технического состояния оборудования после ремонта, обеспечение высококвалифицированными кадрами служб диагностики и ремонта. В этом - ключевой момент системы, поскольку в уровне квалификации кадров обслуживающего персонала, служб диагностики и ремонта заложен большой резерв увеличения межремонтного интервала.

В системе технического обслуживания и ремонта горного оборудования существует широкий спектр рекомендаций по формированию структур ремонтного цикла, назначению различных межремонтных периодов для одной и той же машины. Заводы-изготовители, научно-проектные институты рекомендуют для одного и того же оборудования разные виды и периодичности ремонтов, не учитывают конкретные условия эксплуатации машин, поэтому проблема оптимизации обслуживания различных типов оборудования применительно к конкретным условиям эксплуатации является одной из важнейших задач.

Снижение уровня надежности горного оборудования в связи с выработкой его ресурса, приводит к сокращению ремонтного цикла и удорожанию ремонтов. В связи с этим оценка фактического технического состояния и повышение эффективности эксплуатации горного оборудования являются актуальными научными проблемами.

Постановка задачи. Целью работы является повышение эффективности эксплуатации карьерных самосвалов за счет разработки рациональной структуры системы технического обслуживания, диагностирования и ремонта, что повысит надежность работы и уменьшит затраты на владение. Общая задача решается комплексом мероприятий, одно из которых посвящено снижению времени простоя в очередях к однотипному оборудованию при проведении ежедневного технического обслуживания.

Изложение материалов и результаты. Рентабельность перемещения горной массы зависит от выбора стратегии технического обслуживания, формирующей стоимость транспортной услуги. Какой бы совершенной не была техника, создаваемая горными машиностроителями, в первую очередь от потребителя зависит эффективность ее эксплуатации.

Эволюция карьерных самосвалов происходит одновременно с развитием системы обслуживания. Усложнение техники повышает требования к своевременному и рациональному поддержанию и восстановлению работоспособного состояния машин.

Действующая система основана на «Положении о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных самосвалов БелАЗ» [4] (в дальнейшем «Положение»), регламентирует период и набор определенных технических воздействий на узлы и детали конструкции машины независимо от их технического состояния в данный момент времени, то есть, основана на жестком директивном подходе.

Исследования показали, что карьерные автосамосвалы 20-30% календарного времени находятся в техническом обслуживании и ремонте, а трудозатраты на эту работу достигают 50-60% общих трудовых затрат на транспорт. По мере расходования ресурса техническое состояние самосвалов и показатели их использования ухудшаются. Среднегодовое снижение коэффициента технической готовности самосвалов по различным карьерам составляет 0,06-0,07 [5].

В то же время оптимальные системы профилактики, обеспечивающие наименьшие экономические затраты и максимальный коэффициент готовности машин в данных конкретных условиях, могут строиться только на принципах учета технического состояния деталей, узлов и машины в целом в каждый рассматриваемый момент времени. Однако такой подход может быть реализован лишь с помощью эффективных диагностических средств. Наиболее перспективно направление по созданию и применению бортовых диагностических систем, с

помощью которых можно не только оценивать состояние узлов и деталей машин, но и управлять их техническим состоянием.

Для разработки систем техобслуживания и ремонта необходимо иметь достаточно полную информационную базу данных по отказам узлов и агрегатов самосвалов - виды и причины отказов, интенсивность их потока и другие показатели надежности. Такая информационная база, формируемая заводом-изготовителем с помощью сервисных центров, в том числе «Кривбасс-БелАЗ-Сервис СП», при использовании конструкторско-технологической документации позволяет разрабатывать нормативно-техническую документацию для проведения техобслуживания и ремонта самосвалов.

Сущность планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта карьерных самосвалов состоит в выполнении установленных видов технического обслуживания и ремонта в соответствии со структурой цикла (рис. 2).

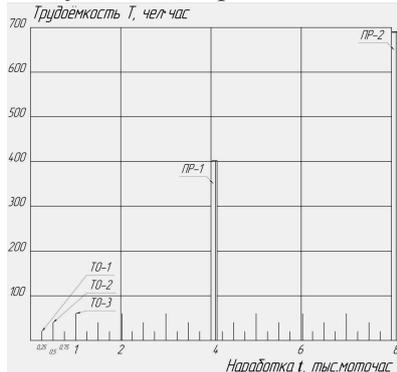


Рис. 2. Структура цикла планово-предупредительного ремонта карьерных самосвалов «БелАЗ»

При каждом виде технического обслуживания и планового ремонта выполняются работы, установленные нормативами и перечнем операций. Работы, не предусмотренные перечнем операций, учитываются соответствующим увеличением трудоемкости всего процесса.

Незаслуженно мало внимания уделяется ежедневному и ежесменному обслуживанию, которые являются составной частью структуры технического обслуживания и ремонта карьерных самосвалов. Простои самосвалов БелАЗ в состоянии ежедневного обслуживания достигают 24% от общего времени технического обслуживания, что является весомым резервом в поиске путей повышения коэффициента технической готовности.

Исследования по совершенствованию технического обслуживания и ремонта многочисленны и обширны. Однако мало внимания уделяется, казалось бы, детально прописанному и элементарному вопросу ежедневного обслуживания.

Задачами ежедневного обслуживания являются: общий контроль, направленный на обеспечение безопасности движения, поддержание надлежащего внешнего вида самосвала, заправка его топливом, маслами и охлаждающей жидкостью. Контроль технического состояния осуществляется перед выездом на линию и при смене водителей на линии.

Существуют различные режимы организации работы карьерных самосвалов. На рис. 3а изображен график односменной работы карьерных самосвалов и их ежедневного технического обслуживания.

Действующее «Положение» предусматривает проведение ежедневного обслуживания при односменном режиме работы подвижного состава, и не регламентирует этот вид работ при круглосуточном графике эксплуатации, из-за невозможности проведения всего перечня работ, включая заправку, при одновременном обслуживании всего парка транспортных средств в начале утренней смены, как это рекомендуется положением.

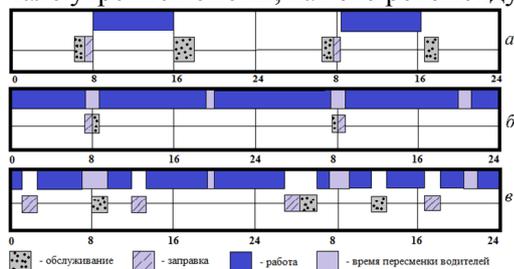


Рис. 3. Работа и ежедневное обслуживание карьерного самосвала БелАЗ: а - в одну смену; б - в две смены (эталон); в - в две смены (факт)

На рис. 3б показана эталонная схема работы и обслуживания машин при непрерывном режиме работы. По этому варианту все самосвалы в начале утренней смены в течение 40 мин должны обслуживаться водителями согласно перечню работ ежедневного обслуживания, который включает двадцать четыре операции, в том числе и заправку транспортного средства топливом и маслами.

На практике провести одновременное полное качественное ежедневное обслуживание в парке, имеющем, к примеру, двадцать единиц техники не реально из-за невозможности одновременного выполнения одинаковых операций по обслуживанию всех самосвалов. Это создает очереди к однотипному оборудованию для подкачки колес, заправки маслом и топливом и т.д.

Рис. 3в иллюстрирует реальную круглосуточную работу машин. Периоды обслуживания хаотичны. Подобный подход к программе ежедневного обслуживания далеко не рационален.

Предшествующими положениями трудоемкость ежедневного обслуживания самосвалов грузоподъемностью свыше 120 т ограничена 3 чел/час. Однако в нынешнем «Положении» трудоемкость ежедневного обслуживания 130-тонного самосвала снижена почти в четыре раза и составляет уже 0,7 чел/часа и приравнена к трудоемкости обслуживания 30-тонного самосвала, что является неточностью ввиду подмены понятия «трудоемкости обслуживания» «временем обслуживания».

Кроме того, высокая грузоподъемность самосвалов определяет не только сложность обслуживания, но и большой размер, вес и следственно усилия, прилагаемые при ремонте либо обслуживании отдельных узлов и деталей. Следовательно, необходимо учитывать уровень сложности, тяжести и трудоемкости работ.

Руководство по эксплуатации БелАЗ-75131 определяет операции ежедневного обслуживания, включая заправку маслами и топливом, которые проводятся вручную, при визуальном контроле, при помощи «щетки и ветоши» или «на слух». Таким образом, ежедневное обслуживание превратилось в ежедневный осмотр, без выделения времени на устранения обнаруженных неисправностей. Для выполнения полного перечня рекомендуемых работ по обслуживанию, потребуется затрачивать в среднем полторы минуты на одну операцию. Подобный подход к программе обслуживания является формальным и не имеет практического смысла, что формально. При качественном проведении работ ежедневного обслуживания, кроме осмотра необходимо выполнять операции непосредственного обслуживания самосвала, перечень которых ежедневно меняется. Обязательными остаются две операции - заправка самосвала топливом и диагностика, (частью которой может быть и осмотр машины), остальные выполняются по мере необходимости.

Так же, значительное влияние на качество и тщательность проведения обслуживания оказывает человеческий фактор, при котором уровень профессионализма и добросовестности водителя определяет перечень и качество проводимых работ. Фактически водитель сам решает, проводить операцию или нет, и насколько тщательно, а зависимость зарплаты водителя от количества тонно-километров делает любые простои, включая для ежедневного техобслуживания, невыгодными, что отрицательно сказывается на уровне мотивации.

Проведенный в ходе исследований хронометраж основных работ по обслуживанию позволяет говорить о необходимости разделения понятий «трудоемкость обслуживания» и «время обслуживания», хотя в случае одного исполнителя работ (водителя) математически эти параметры равны.

Усовершенствование проведения ежедневного обслуживания основано на комплексном подходе, при котором необходимо создать реальную программу для карьерных самосвалов, приняв за основу не перечень работ, который, по сути, невозможно предусмотреть, а принцип, при котором ежедневное обслуживание должно состоять из двух частей - диагностики и устранения обнаруженных неисправностей. Оставив обязательными две операции - заправку и диагностику машины, мы получим гибкий и эффективный перечень работ.

Создав индивидуальные графики ежедневного и ежесменного обслуживания для каждого карьерного самосвала, равномерно распределяя периоды обслуживания по рабочей смене, снижая загруженность постов, достигнем исключения очередей к однотипному оборудованию и, следовательно, потери времени и повышения качества работ.

Выводы и направление последующих исследований. Разработка модели технического обслуживания и ремонта карьерных самосвалов в условиях Криворожского железорудного бассейна с возможностью адаптации для конкретного предприятия по критерию минимума затрат на владение является направлением последующих исследований по данной теме. Устранение проблемы очередей к однотипному оборудованию при заправке и обслуживании, а также сокращение времени самого обслуживания, позволит экономить в дневную смену 3-5 минут на каждой машине, в ночную смену время заправки сократится в среднем на 5 минут.

Список литературы

1. **Монастырский Ю.А.** Эксплуатация и обслуживание карьерной техники «БелАЗ» в Украине / Горный журнал. - 2013. - №1. - с. 78-79.
2. **Дорошев Ю.С.** Повышение технологической надежности карьерных экскаваторов: монография / Ю.С. Дорошев, С.В. Нестругин. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. - 194 с.
3. **Мариев П.Л.** Вибромониторинг технического состояния редукторов мотор-колёс самосвала БелАЗ / П.Л. Мариев, Н.Н. Ишин // Проблемы карьерного транспорта. Материалы XI Международной научно-практической конференции – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – 230 с.
4. «Положение о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных самосвалов БелАЗ» г. Жодино, 2004.
5. Карьерный транспорт: состояние и перспективы [Мариев П.Л., Кулешов А.А., Егоров А.Н., Зырянов И.В.]. – СПб.: Наука, 2004.– 429 с.

Рукопись поступила в редакцию 15/02/13

УДК 629.113.001.5

Ю.С. РУДЬ В.Д. СИДОРЕНКО, доктора техн. наук, проф.,
И.С. РАДЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук, доц., В.Ю. БЕЛОНОЖКО, ст. преподаватель
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ САМОСВАЛА ПРИ ЕГО ДВИЖЕНИИ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ДОРОГАМ КАРЬЕРОВ

Исследованы колебания самосвала вокруг горизонтальной оси при его движении по технологическим дорогам карьера. Самосвал представлен математической моделью в виде балки, опирающейся на систему пружин с демпфером, которыми являются передняя и задняя подвески. Определены зависимости вертикальной и вращательной амплитуд колебаний карьерного самосвала от времени и от начальных условий.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Для транспортировки железной руды, добытой в карьере, применяются самосвалы большой грузоподъемности, например, типов БелАЗ 7555В и 7555Е [1]. При движении карьерного самосвала по технологическим дорогам, профиль которых значительно отличается от прямолинейного, его колеса взаимодействуют с выступами и впадинами дорожного полотна, в результате чего возникают значительные колебания автомобиля. При колебаниях конструктивных элементов самосвала в них создаются значительные ускорения, которые приводят к возникновению недопустимо больших динамических нагрузок. Эти нагрузки снижают надежность автомобиля, долговечность его узлов и агрегатов, приводят к росту затрат на проведения ремонтных работ для поддержания его работоспособности на требуемом уровне. Поэтому при использовании на карьерах самосвалов большой грузоподъемности актуальной задачей является теоретические и экспериментальные исследования их колебаний.

Сложность теоретического анализа механических систем типа карьерных самосвалов БелАЗ 7555В и 7555Е в значительной степени зависит от числа степеней свободы их математических моделей. В задачах о колебаниях материальных точек системы их координаты являются функцией времени. Основная задача анализа таких систем состоит в определении закона движения системы. После этого без особого труда могут быть найдены деформации, внутренние силы и напряжения, действующие в реальных узлах и агрегатах самосвалов.

Карьерный самосвал представляет собой сложную механическую систему, число степеней свободы которой всегда велико, а ее исследование представляет собой довольно сложную задачу. Для решения практических задач можно использовать упрощенные модели, которые характеризуются конечным числом степеней свободы. В таких расчетных схемах некоторые части системы считаются лишенными массы и представляются в виде деформируемых безинерционных связей. При этом тела, за которыми сохраняются свойства инерции, считаются материальными точками, в которых сосредоточена масса, или - абсолютно твердыми телами. Однако стремясь к упрощению расчетной схемы нужно иметь в виду, что пренебрежение всеми инерционными свойствами заданной системы может полностью лишить ее динамических свойств или привести к дифференциальным уравнениям, которые не интегрируются в квадратурах и очень сложны для анализа.

Правильный выбор математической модели, предназначенной для исследования колебаний самосвала при его движении по технологическим дорогам карьеров, позволит теоретически