

Пути оптимизации системы эксплуатации горнопроходческого оборудования

Е.А. Шемшура

Горнодобывающая промышленность служит поставщиком сырья для многих отраслей промышленности и является базой их развития. Эффективность технологических процессов проведения подземных выработок определяется уровнем механизации процессов и качеством эксплуатации горнопроходческого оборудования (ГПО). В настоящее время на горных предприятиях Восточного Донбасса применяют бурильное, погрузочное, транспортное оборудование, проходческие комбайны отечественного и зарубежного производства. Количественный рост парка оборудования сопровождается его качественным изменением за счет увеличения единичной мощности и производительности комплексов и комплектов, создания более безопасного, надежного и экономичного оборудования с повышенной комфортностью для обслуживающего персонала и удобством в управлении [1, 2].

Вместе с тем опыт эксплуатации оборудования на горных предприятиях показывает недостаточный уровень эффективности его использования. Коэффициент готовности довольно низок и не превышает 0,55-0,6. Ресурс узлов и агрегатов, восстановленных в условиях ремонтной базы горного предприятия, сокращается до двух раз по сравнению с ресурсом оригинальных запасных частей. Значительное снижение уровня эксплуатационной надежности оборудования после длительной его эксплуатации, простои оборудования из-за низкого уровня организации горнопроходческих работ, несовершенства системы технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) и других факторов вызывают необоснованно высокую себестоимость добычи по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования» [3].

В связи с этим считается актуальным решение научно-технической проблемы, направленной на повышение эффективности эксплуатации горно-

проходческого оборудования на основе разработки комплекса технико-экономических мероприятий и нормативной документации по управлению системой эксплуатации при обеспечении планируемой технологической нагрузки и минимальных затратах на содержание оборудования в работоспособном состоянии.

Идея проводимого исследования состоит в синтезе технико-экономических характеристик системы эксплуатации ГПО на основе моделирования ее показателей в зависимости от технического состояния оборудования, достигнутого ресурса, сроков проведения технического обслуживания и ремонта, ремонтного фонда горного предприятия, которые обеспечивают заданный уровень производительности оборудования с минимальными расходами на их эксплуатацию.

В соответствии с этим сформулированы задачи исследований и предусмотрены следующие этапы работ по их выполнению: разработка модели системы эксплуатации ГПО, направленной на обеспечение потребительских свойств; выбор методов и проведение исследований процессов эксплуатации горнопроходческого оборудования, его надежности и эффективности; прогнозирование остаточного ресурса деталей, узлов и агрегатов в зависимости от их износа и условий эксплуатации; моделирование процесса эксплуатации горнопроходческого оборудования с учетом технического состояния и закономерностей расходования ресурса сборочных единиц, позволяющее оптимизировать регламент ремонта; разработка рациональной системы материально-технического обеспечения и управления запасами; обоснование комплексного критерия, позволяющего оценивать стратегию ТО и Р при минимизации расходов на эксплуатацию горнопроходческого оборудования; разработка методологии оптимизации системы эксплуатации ГПО.

Горнопроходческое оборудование – это, как правило, машины, представляющие собой многоприводные многофункциональные системы. В свою очередь каждая горнопроходческая машина является элементом более общей системы: технология – оператор – машина – среда. При исследовании систе-

мы эксплуатации ее особенности учитываются с помощью обобщенной модели, построенной на основе единой функционально-аналитической трактовки, элементами которой являются: условия изготовления машины, условия эксплуатации, особенности конструкции, управляющие воздействия, условия перемещения, состояние и качественные показатели машины.

Эффективность системы эксплуатации горнопроходческого оборудования оценивают, как правило, следующими величинами: производительностью системы; удельной трудоемкостью; удельными энергозатратами; удельными стоимостными показателями [4-6]. Тщательное изучение указанных критериев позволило принять в качестве целевой функции затраты на эксплуатацию оборудования, приведенные к одному кубическому метру горной выработки (в целике), ограничением в данном случае является уровень производительности системы не ниже заданного.

Основным резервом совершенствования технических системы, в том числе и систем эксплуатации горнопроходческого оборудования, является использование научно-обоснованных методов, базирующихся на разработке математических моделей оптимизации режимов работы; повышения надежности; оценки текущего состояния и параметров эксплуатации машин; совершенствования технологии ремонтных воздействий; управления запасами запасных частей [7, 8].

Повышение надежности горнопроходческого оборудования может быть достигнуто использованием новых технологий и материалов; путем совершенствования конструкции, прогнозирования отказов, улучшения ремонтной пригодности; повышением квалификации обслуживающего персонала, а также применением оперативной диагностики состояния и совершенствованием системы технического обслуживания и ремонтов [9].

К современным методам оперативной диагностики технического состояния горных машин, как стационарных, так и мобильных, относится вибродиагностика, зарекомендовавшая себя наиболее информативным методом функциональной диагностики, отражающий широкий спектр процессов, про-

исходящих в работающих механизмах. Наряду с ней развитие получили методы диагностики состояния электроприводов технологических машин, основанные на выполнении мониторинга потребляемого тока. Последующий спектральный анализ полученных сигналов позволяет с высокой степенью достоверности определять техническое состояние элементов двигателя и трансмиссии [10]. Разработка принципиально новой системы мониторинга показателей ГПО и его технического состояния позволяет, во-первых, вести точный учет работы оборудования и, во-вторых, имея информацию о нагруженности узлов и конструкций, прогнозировать его ресурс и строить систему ТО и Р с оптимальными параметрами.

Исследование системы диагностирования горнопроходческого оборудования направлено на установление влияния технического состояния на показатели эксплуатационных свойств; определение закономерностей изменения технического состояния оборудования в процессе эксплуатации; формулирование принципов определения предельного состояния деталей и узлов оборудования; разработку метода прогнозирования остаточного ресурса ГПО в зависимости от степени износа деталей и узлов; разработку методики оценки текущего состояния оборудования, позволяющей контролировать остаточный ресурс основных узлов и деталей, предотвращать внезапные отказы, повысить надежность, уменьшить затраты на содержание на эксплуатацию.

В состав системы эксплуатации горнопроходческого оборудования входит материально-техническое обеспечение (МТО) предприятия всеми необходимыми средствами и орудиями труда, комплектующими к оборудованию, эксплуатационными материалами и сопутствующими товарами, новыми и восстановленными запасными частями. Отсутствие качественных решений в области управления поставками запасных частей приводит к значительным расходам из-за несвоевременного заказа запасных частей, низкого качества изделий, задержек поставок. Кроме того, возникают проблемы, связанные с

замораживанием активов в неликвидах и избыточных запасах запасных частей и отвлечением этих средств из основной деятельности.

Комплексное решение проблем поставок запасных частей для предприятий основывается на применении моделей, методов и принципов логистики, предусматривающей комплексное рассмотрение процессов снабжения, складирования и эксплуатации [11]. В основе управления поставками запасных частей лежит информационно-аналитическая система, содержащая сведения об эксплуатационной надежности деталей, узлов и агрегатов, а также данные складского учета (объемы поставок, периоды времени между поставками, объемы требований, периоды времени между требованиями), информацию поставщиках, номенклатуру и стоимость поставляемой продукции, затраты на установку. Такие системы используются в логистической модели, которая применима для оптимизации параметров системы управления запасами.

В качестве основных направлений эффективной организации системы МТО необходимо отметить следующие: оценка и анализ затрат на материально-техническое обеспечение процессов эксплуатации ГПО; планирование, перемещение и управление запасами; обоснование структуры, оснащения и размещения ремонтных производств горных предприятий на основании анализа стратегий восстановления работоспособного состояния оборудования.

На основании комплекса проводимых теоретических, экспериментальных и производственных исследований эксплуатационных показателей горнопроходческого оборудования, процессов диагностирования, технического обслуживания и ремонта, разрабатывается математическая модель системы эксплуатации ГПО. В ее основу положен априорный анализ надежности сложных технических систем [4]. Горнопроходческое оборудование является типично сложной системой, решающей технологическую задачу проведения горных выработок: разрушение массива горных пород, удаление продуктов разрушения за пределы контура выработки, обеспечение устойчивости обнаженных поверхностей. Процесс эксплуатации системы представляет собой последовательность различных состояний ее элементов: использование по на-

значению, анализ и профилактика технического состояния, восстановление работоспособности после наступления отказа. Модель, в состав которой входит матрица коэффициентов системы дифференциальных уравнений для определения вероятностей состояния системы, позволяет решать прямую и обратную задачи надежности: оценивать качество функционирования системы по известным показателям надежности, и определять требуемые параметры надежности для заданных показателей качества системы (максимум производительности, минимум затрат на эксплуатацию).

Для решения одной из задач технической эксплуатации - управление ремонтами - использована теория Марковских процессов. Разрабатываемая модель позволяет устанавливать продолжительность простоев и стоимость ремонтов с учетом априорной информации об исходном техническом состоянии, степени использования ресурса и законах распределения ресурса деталей и узлов. Выбор рационального регламента ремонта производится из их эффективной совокупности, в которой каждый из регламентов обеспечивает выполнение планируемой технологической нагрузки с минимальными затратами на содержание оборудования в работоспособном состоянии.

Для дальнейших исследований, связанных оптимизацией системы эксплуатации горнопроходческого оборудования, разработана программа для ЭВМ, позволяющая определять приведенные затраты на эксплуатацию, учитывая случайный характер потоков отказов и восстановления работоспособного состояния на любой момент отработки ресурса, с возможностью прогнозирования ожидаемых показателей надежности и оптимальных сроков эксплуатации, оценки эффективности применения ГПО [12].

Разрабатываемая методология оптимизации системы эксплуатации ГПО основывается на закономерностях изменения состояния оборудования в процессе его использования от внешних и управляющих воздействий, и включает объект, предмет, принципы, положения и методы, последовательная реализация которых представляет комплекс мероприятий, направленных на достижение экономически целесообразного уровня использования горно-

проходческого оборудования.

Основные результаты исследований планируются к внедрению в практику эксплуатирующих предприятий в качестве методик и программного обеспечения, позволяющих на основе комплексного критерия затрат на эксплуатацию горнопроходческого оборудования устанавливать необходимый уровень эксплуатационной надежности, рациональные межсервисные периоды срок службы, стратегию восстановления работоспособного состояния машин, систему материально-технического обеспечения, оптимальную структуру, мощность и размещение ремонтной базы горного предприятия, что в комплексе обеспечит выполнение технологической нагрузки при минимальных расходах ресурсов и, как результат, высокую эффективность системы эксплуатации ГПО.

Литература:

1. Хазанович Г.Ш.О некоторых направлениях разработки эффективного горнопроходческого оборудования[Текст] /Г.Ш.Хазанович, В.Г.Черных,Э.Ю. Воронова, А.В.Отроков //Горноеоборудованиеиэлектромеханика, 2013. – № 4. – С.20-24.
2. Caterpillar performance handbook.Edition 41.CaterpillarInc., 2011. -1474 р.
3. Шемшура, Е. А. Выбор рациональных вариантов проходческого оборудования с учетом фактических показателей надежности [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.05.06: защищена 30.06.09: утв. 13.11.09 / Шемшура Елена Анатольевна – Новочеркасск, 2009. – 220 с.– Библиогр.: С. 154–160.
4. Шемшура, Е. А.Оценка эффективности эксплуатации горнопроходческого оборудования[Текст]// Горныйинформационно-аналитическийбюллетень (научно-техническийжурнал) = mining information aland analytical bulletin (scientificandtechnicaljournal),2009. –№ 5. –С.223-226.
5. Caterpillar performance handbook. Edition 29. Caterpillar Inc., 2011.-1014р.

6. Хазанович Г.Ш., Воронова Э.Ю. К вопросу об оценке эффективности горнопроходческих систем [Текст] // Горное оборудование и электромеханика, 2011. – № 7. – С.15-22.

7. Хазанович Г.Ш. Об имитационном моделировании буровзрывных проходческих систем [Текст] / Г.Ш. Хазанович, Э.Ю. Воронова, Г.В. Лукьянова // Горное оборудование и электромеханика. 2004. № 6. С. 42-46.

8. Полешкин М.С., Сидоренко В.С. Математическое моделирование автоматизированного позиционного гидропривода целевых механизмов машин с контуром гидравлического управления повышенной эффективности [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/947> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.

9. MineEquipmentoptimization. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.rwe.com/web/cms/en/216540/rwe-power-international/mining-services/mining-engineering/mine-equipment-optimisation/09.08.2013>.

10. Синельщиков П.В., Чернов А.В. Использование непрерывного вейвлет преобразования для анализа токового сигнала при диагностировании дефектов в червячной передаче [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2011/500> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.

11. Носенко В.В., Кондратьева А.И. Использование методов логистики в сервисном обеспечении горнопроходческих машин [Текст] // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции, 2012. – т. 2. – № 4. – С.24-29.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013616974 «Имитационное моделирование удельных затрат проходческой системы». Авторы: А.С. Носенко, А.В. Отроков, Е.А. Шемшура. Заявка № 2013613156 от 18.04.2013. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 30.07.2013.