УДК 622.611(24)

А.А. КУЛЕШОВ
Горно-электромеханический факультет,
профессор кафедры горных транспортных машин
Е.А. ГРИГОРЬЕВ
Горно-электромеханический факультет,
аспирант кафедры горных транспортных машин

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА ЭЛЕМЕНТОВ ПОГРУЗОЧНО-ДОСТАВОЧНЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАГРУЖЕННОСТИ

Предложены принципы определения ресурса элементов погрузочно-доставочных машин (ПДМ), более полно учитывающие условия их эксплуатации. Акцент ставится не на формировании массива статистических данных по надежности, а на анализе нагруженности элементов в конкретных условиях эксплуатации. Как показывает опыт эксплуатации ПДМ, в рекомендациях заводов-изготовителей по проведению технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) машин эксплуатационные условия учитываются в недостаточной степени. Одним из показателей, оценивающих эффективность использования горной техники, является ее ресурс. Ресурсные характеристики элементов машин определяют параметры системы ТО и Р. От выбора методики определения этих характеристик напрямую зависит надежность машин. Применение предлагаемых принципов позволит корректировать параметры системы ТО и Р на основе обработки небольшого числа статистических данных.

In this article it is said about some new principles of defenition remaining work reserve of minig loading – transporting equipment. This principles is more completely calculate work situations. Main target of these principles is to analyze difficult of work cycle not only to collect statistic information about machine crashes. As was showed by working experience on these equipment factory recommendations about repair time is not so good. One of main point of crushless work of equipment is working reserve. This reserve is to determining efficiency of using this equipment. In this article it is said about properly definition method of work reserve by using some new principles. And it is said that using them may correct repair time by using small quantity of statistic information.

Погрузочно-доставочные машины (ПДМ) получили широкое распространение в рудниках для погрузки и транспортирования горной массы на расстояние до 300 м. Для ПДМ характерны высокая первоначальная стоимость, значительные затраты на запасные части в процессе эксплуатации, а также жесткие требования к надежности.

Как показывает опыт эксплуатации ПДМ, в рекомендациях заводов-изготовителей по проведению технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) машин эксплуатационные условия учитываются в недостаточной степени. Вследствие этого, а также несовершенства ремонтной службы рудников, наблюдаются значительные простои машин (фактические значения коэффициента готовности и коэффициента технического использования равны соответственно 0,7 и 0,6), что вынуждает иметь на предприятии большой их резерв.

Одним из показателей, оценивающих эффективность использования горной техники, является ее ресурс. От ресурсных характеристик элементов машин зависят надежность машин и параметры системы ТО и Р. Известны следующие методы установления ресурса машин:

- расчет по статистическим данным, полученным при эксплуатации изделий;

• расчет по данным инструментальных замеров при силовом эксплуатационном нагружении элементов изделия;

• расчет при проектировании новых изделий на основании данных о ресурсе и полученных зависимостей ресурса от нагружения и условий эксплуатации изделий-аналогов.

Наиболее достоверны данные по надежности, полученные в процессе эксплуатации техники, так как они учитывают факторы, определяющие износ и старение машин в условиях горного предприятия. Сложность физических явлений и многообразие факторов, воздействующих на узлы машины при эксплуатации, обусловливает трудность прогнозирования ресурса. Поэтому для определения ресурса элементов горной техники используют как экспериментально-расчетные методы, базирующиеся на испытаниях образцов, так и статистические данные и результаты натурных ресурсных испытаний изделий. Вычисление ресурса элементов самоходного оборудования при его создании производят с учетом коэффициента использования данного элемента во времени и по нагрузке в рабочих и вспомогательных операциях машины.

Необходимость применения вероятностно-оптимизационных методов при установлении параметров системы ремонта, учета особенностей эксплуатации в конкретных условиях самоходного оборудования при определении интенсивности падения ресурса, среднего ресурса его элементов и пр., потребовала разработки адаптивной системы ТО и Р [5]. Эта система обеспечивает организацию, оперативное планирование, управление и технологию ремонта самоходных машин в соответствии с их текущим техническим состоянием с наименьшими затратами. В системе сбора информации по надежности самоходного оборудования предусмотрен учет сведений о режимах и условиях работы изделия, видах выполняемых работ, параметрах окружающей среды. Однако разработанная адаптивная система ТО и Р не предусматривает детального анализа зависимости интенсивности падения ресурса элементов машин от вышеперечисленных факторов. Кроме того, для эффективного функционирования такой системы ТО и Р требуется большое количество статистических данных, накапливаемых в течение нескольких лет.

Рабочий парк ПДМ на рудниках неоднороден, формируется из машин разных заводов-изготовителей, различающихся по грузоподъемности, типу привода и пр. Таким образом, формирование массива статистических данных по надежности ПДМ, величина которого определяет точность значений прогнозируемых параметров, проблематично.

Определение ресурса элементов ПДМ при их эксплуатации на основе небольшого числа статистических данных с точностью, достаточной для эффективного функционирования адаптивной системы ТО и Р, возможно на основе исследования нагруженности элементов машины при различных режимах работы. Особенностью эксплуатационных условий для ПДМ является сложность структуры рабочего цикла при наличии режимов, характеризующихся высокой динамичностью.

Исследование нагруженности элементов ПДМ заключается в расчете параметров структуры рабочего цикла для всех видов работ и исследовании нагруженности ее элементов в различных условиях.

ПДМ работают на добычных участках, проходке, используются на вспомогательных операциях.

Структура рабочего цикла ПДМ следующая:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{з}} + t_{\text{р.х}} + t_{\text{р}} + t_{\text{х.х}} + t_{\text{м}},$$

где $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла, с; $t_{\text{з}}$ – время заполнения ковша, с; $t_{\text{р.х}}$ – время рабочего хода, с; $t_{\text{р}}$ – время разгрузки ковша, с; $t_{\text{х.х}}$ – время холостого хода, с; $t_{\text{м}}$ – время маневрирования в пунктах погрузки и разгрузки, с.

Количественно определить составляющие рабочего цикла ПДМ для конкретных условий эксплуатации можно либо по хронометражным наблюдениям, либо по данным о наработке машины за рассматриваемый промежуток времени $\Delta T_{\text{тек}}$, количестве

перевезенной горной массы Q в условиях эксплуатации (дальность транспортирования горной массы, скорость движения ПДМ и др.).

Число рабочих циклов

$$n_{ц} = Q/(V_{к.н}K_{з}\rho),$$

где $V_{к.н}$ – номинальная вместимость ковша, м^3; $K_{з}$ – коэффициент заполнения ковша; ρ - плотность перевозимой горной массы, т/ м^3.

В структуре ПДМ можно выделить следующие системы:

- система ковша, гидроцилиндров подъема, опускания и поворота стрелы;
- ходовая тележка;
- гидропривод;
- привод колесных движителей;
- двигатель.

Показатели, определяющие нагруженность данных систем в структуре рабочего цикла ПДМ, представлены в таблице. Все показатели, приведенные в таблице, можно определить по известным методикам в зависимости от условий эксплуатации ПДМ. Суммарное сопротивление движению машины зависит от уклона дороги, вида дорожного покрытия и пр. Усилие внедрения определяется в зависимости от кусковатости, угла естественного откоса и крепости горной массы, вместимости ковша и пр. по формулам, предложенным в работах [1, 3, 4]. Усилие вырыва ковша определяется в зависимости от высоты слоя породы над режущей кромкой ковша и сопротивления горной массы сдвигу [3].

Как известно, любой материал или система имеют определенный отклик в виде деформации на возникающее напряжение (нагрузку) с учетом фактора времени и масштаба. Исходя из этого, ресурс однотипных (однородных) машин определяют на основании данных об их нагруженности во всех режимах работы [2]. Поэтому с достаточной точностью можно записать

$$T_0/W = T_x/W_x \approx \text{const},$$

где T_0 – полный ресурс элемента; W – средневзвешенная нагруженность элемента, отработавшего свой ресурс,

$$W = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i t_i}{T_0};$$

W_i – нагруженность элемента за время работы t_i; T_x – прогнозируемый ресурс элемента при прогнозируемой средневзвешенной нагруженности W_x, на основе данных по условиям эксплуатации

$$W_x = \frac{\sum_{j=1}^{m} W_j t_j}{t_x};$$

W_j – нагруженность элемента за время работы t_j.

Показатели нагруженности систем ПДМ в структуре рабочего цикла

Системы ПДМ	Составляющие рабочего цикла			
	Погрузка	Рабочий ход	Разгрузка	Холостой ход
Ходовая тележка и привод колесных движетелей	Суммарное сопротивление движению Усилие внедрения в штабель горной массы	Суммарное сопротивление движению	–	Суммарное сопротивление движению
Ковш, гидроцилиндры подъема, опускания и поворота стрелы	Усилие внедрения в штабель горной массы Усилие вырыва ковша	Масса перемещаемого груза	Масса перемещаемого груза	–
Привод и гидропривод	Суммарное сопротивление движению Усилие внедрения в штабель горной массы Усилие вырыва ковша	Суммарное сопротивление движению Масса перемещаемого груза	Масса перемещаемого груза	Суммарное сопротивление движению

Для разных элементов силовой системы интенсивности падения ресурса (v_i) в данном режиме работы будут отличаться. Однако относительные значения падений ресурсов ($v_i^{отн} = v_i/T_0$, где T_0 – полный ресурс элемента, мото-ч) элементов силовой системы (см. таблицу) постоянны, так как значения $W_i t_i$ для всех элементов системы совпадают.

Предложенные принципы определения ресурса элементов ПДМ отличаются более полным учетом условий эксплуатации ПДМ, смещением акцента с формирования массива статистических данных по надежности на анализ нагруженности элементов в конкретных условиях эксплуатации. Применение данной методики позволит корректировать параметры системы ТО и Р на основе обработки небольшого числа статистических данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кальницкий Я.Б.* Самоходное погрузочное и доставочное оборудование на подземных рудниках / Я.Б.Кальницкий, А.Т.Филимонов. М.: Недра, 1980.

2. *Коломийцов М.Д.* Методы определения ресурса горной техники / М.Д.Коломийцов, Б.С.Маховиков // Записки Горного института. СПб, 1993. Т.138.

3. *Мигузин С.С.* Погрузка руды самоходными машинами. Алма-Ата: Наука, 1984.

4. *Тихонов Н.В.* Шахтные погрузочно-транспортные машины / Н.В.Тихонов, Г.С.Рысев. М.: Недра, 1976.

5. *Филимонов А.Т.* Ремонт самоходного оборудования на подземных рудниках. М.: Недра, 1987.