

Оценка надежности и сопоставительный анализ эффективности применения шахтных погрузочных машин

А.С.Носенко, А.А.Домницкий

Шахтинский институт (филиал) ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова

Аннотация: В статье приведена методика моделирования работы погрузочной машины на основе метода статистических испытаний и рассмотрен способ определения текущих удельных затрат. Внедрение разработанной методики позволит определять затраты предприятия при использовании машины по назначению на основе случайных параметров наработок на отказ и среднего времени восстановления работоспособного состояния. Кроме того, упрощается процедура оценки эффективности предлагаемой конструктивно - кинематической схемы машины и прогноз ожидаемых показателей надежности и оптимального времени ее эксплуатации. Заданы исходные данные для расчета и основные результаты технико-экономического анализа работы погрузочных машин 2ПНБ2 и МПНК с новым рабочим органом повышенной ремонтпригодности.

Ключевые слова: моделирование, метод статистических испытаний, удельные затраты, шахтные погрузочные машины.

Одним из показателей надежности, определяющим технический уровень горнопроходческих машин, считается приведенная стоимость технического обслуживания. Показатель соответствует определенному техническому состоянию и не может использоваться при решении задач оптимизации. Исследования в области шахтных погрузочных машин свидетельствует о том, что отказы отдельных узлов и деталей подчиняется экспоненциально-степенному закону распределения, а время восстановления работоспособного состояния - логарифмически нормальному [1-3].

Рассмотрим методику моделирования работы погрузочной машины с применением метода статистических испытаний и определения текущих затрат на эксплуатацию погрузочной машины.

Метод статистических испытаний подробно приведен в работе [1] и заключается в решении задач на основе изучения случайного процесса, когда текущие параметры соответствуют искомым. В этом случае необходимо иметь генератор случайных чисел с различными законами их распределения.

Например, для моделирования экспоненциального закона распределения случайной величины, $F(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ 1 - e^{-\lambda x}, & \text{при } x > 0 \end{cases}$, достаточно принять $f(x) = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - x)$,

Для решения задачи с дискретными случайными величинами (наработка до отказа, время восстановления), используются специальные приемы [1].

Проведенные исследования выполнены с целью установления удельных затрат на эксплуатацию погрузочной машины с учетом случайных законов распределения наработок и времени восстановления работоспособного состояния отдельных узлов и частей машины на заданный момент отработки ресурса. Такой подход позволяет оценить эффективность применения той или иной конструкции машины, а также прогнозировать ожидаемые показатели надежности.

Технология моделирования с учетом логико-вероятностного анализа и методов статистических испытаний заключается в следующем:

1. Выбор и конструктивно-кинематический анализ погрузочной машины и ее составных частей: нагребная часть, ходовая тележка и перегружатель, элементы привода.
2. Составление и обоснование расчетной логико-математической модели надежности исследуемого образца.
3. Формализация закона распределения наработок до отказа (T_{oi}) и времени восстановления работоспособного состояния (T_{Vi}) и назначение

параметров (λ_i, μ_i) с учетом заданных горнотехнических условий проведения выработки.

4. Разработка алгоритма решения в зависимости от поставленной задачи.

Нами проведена оценка надежности и сопоставительный анализ эффективности применения шахтной погрузочной машины 2ПНБ2 и экспериментального образца машины МПНК (рисунок 1) [4-5].

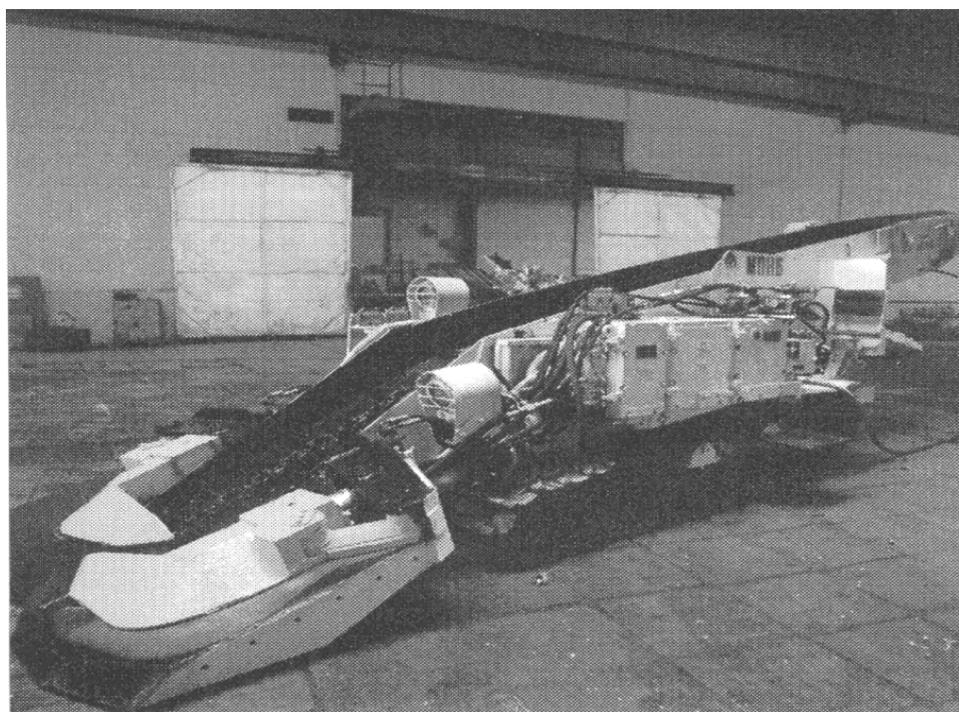


Рис. 1.- Экспериментальный образец погрузочной машины МПНК

В таблице 1 определены исходные данные для выполнения расчетов и технико-экономического анализа работы погрузочных машин 2ПНБ2 и МПНК с новым рабочим органом повышенной ремонтпригодности.

Рассчитанные по предлагаемой методике прогнозные технико-экономические показатели эффективности погрузочной машины МПНК в сравнении с базовым вариантом (машина 2ПНБ2), отражены в таблице 2.

Таблица №1

Назначенные параметры для интерпретации наработок на
 отказ погрузочных машин 2ПНБ2 и МПНК

Узел машины (деталь)	Назначенный ресурс, м ³ T _{н.р.}	Нарботка на отказ, м ³ V _о	Время восстановления, час T _в	Параметр экспоненциального закона распределения наработок на отказ, μ	Параметр экспоненциального закона распределения времени восстановления, μ
2ПНБ2					
Погрузочный орган					
Конический редуктор лап	20000	5000	5	0,25	0,2
Промежуточный редуктор лап	20000	4500	5	0,25	0,2
Вал синхронизирующий	20000	8500	10	0,1	0,1
Кулисный механизм	20000	4000	2	0,3	0,5
Кривошипный механизм	20000	15000	3	0,05	0,4
Вертикальный вал редуктора лап	20000	15000	6	0,05	0,2
По погрузочному органу	100000		8	1,0	0,1
Ходовая тележка					
Тормозные фрикционы	20000	2500	3	0,4	0,3
Натяжное устройство	20000	4000	3	0,25	0,3
Вал привода хода	20000	9000	5	0,1	0,12
Балансиры	20000	15000	12	0,05	0,1
Фрикционы	20000	7000	0,75	0,15	1,5
Траковые секции	20000	1500	2	0,75	0,5
По ходовой тележке	100000		4,5	1,75	0,2



Продолжение таблицы № 1

Скребковый перегружатель					
Листы фартуков	20000	6500	3	0,15	0,3
Хвостовая секция	20000	4500	4	0,2	0,02
Вал привода	20000	6500	3	0,15	0,3
Вал звезды	20000	15000	10	0,1	0,1
Приводной редуктор	20000	14000	10	0,1	0,1
Скребковая цепь	20000	9000	12	0,11	0,08
По скребковому перегружателю	100000		15	0,75	0,1
Гидрооборудование					
Насос	20000	4800	1	0,21	1
Гидроблоки	20000	3500	2	0,29	0,5
Гидравлика	20000	4500	0,5	0,22	2
Гидрозамок	20000	5400	1	0,19	1
По гидрооборудованию	20000		1,12	0,9	0,59
МПНК					
Погрузочный орган					
Лапа	20000	20000	2	0,05	0,5
Шарниры	20000	1500	12	0,05	0,1
Гидророблоки	20000	6500	3	0,15	0,3
Узел уплотнений гидроцилиндров	20000	7000	0,75	0,15	1,3
Гидроцилиндр	25000	8000	3	0,15	0,3
Стол	100000	20000	3	0,05	0,3
По погрузочному органу	100000		3,75	0,6	0,25
Ходовая тележка					
Вал привода хода	20000	5000	6	0,2	0,2
Цепь траковая	20000	4500	3	0,25	0,33
По ходовой тележке	100000			0,4	0,2
Скребковый перегружатель					
Приемный бункер	20000	5500	1	0,2	1
Хвостовая секция	20000	7-00	65	0,15	0,15
Скребковая цепь	20000	5500	1	0,2	1
По перегружателю	100000		1	0,3	1

Продолжение таблицы № 1

Гидрооборудование					
Гидроблок	20000	2700	0,67	0,37	1,5
Гидромотор	20000	2300	6	0,43	0,17
Гидроцилиндр	20000	1800	3	0,55	0,33
Гидравлика	20000	4000	0,5	0,25	2
Гидронасос	20000	6200	3	0,16	0,33
Гидрозамок	20000	6300	3	0,16	0,33
По гидроприводу	20000		3,02	2,65	0,31

Таблица № 2

Прогнозные технико-экономические показатели
эффективности погрузочных машин 2ПНБ2 и МПНК

Наименование	$C_{уд}$, руб/м ³	$C'_{уд}$, руб/м ³
	2ПНБ2/МПНК	2ПНБ2/МПНК
Погрузочный орган	9,5 / 6,5	9,5 / 6,5
Ходовая тележка	7 / 4	7 / 3,5
Скребок перегрузатель	12 / 7	10 / 6,5
Гидрооборудование	6 / 17	8 / 16
Затраты на восстановление работоспособного состояния	32 / 32	33 / 33
Затраты на проведение тех. обслуживание	41 / 41	31 / 31
Общие затраты на эксплуатацию машин	120 / 120	100 / 100

$C_{уд}$, - для времени наработки до 1-го капитального ремонта ($2 \cdot 10^4$ м³),

$C'_{уд}$, - для времени отработки назначенного ресурса (10^5 м³),

Расчеты показывают, что улучшение показателей надежности нагребавшей части машины МПНК обеспечивает снижение удельных затрат до 6,5 руб/м³. Но, в виду повышения нагрузки на гидравлический привод, падает надежность машины в целом, что приводит к увеличению затрат по ликвидации отказов. В результате чего, суммарные удельные затраты, получаются одинаковыми и составляют около 100 руб/м³.

Литература

1. Носенко А.С. Рабочие процессы, параметры и эффективность шахтных погрузочных машин с гидравлическими приводами: дис. ... д-р техн. наук: 05.05.06. Новочеркасск, 2000, 279 с.

2. Носенко А.С., Хазанович В.Г., Носенко В.В., Шемшура Е.А. Выбор комплектов оборудования для проведения подготовительных выработок на основании фактических показателей надежности// Горное оборудование и электромеханика. 2009. №7. С. 8-11.

3. Шемшура Е.А. Пути оптимизации системы эксплуатации горнопроходческого оборудования// Инженерный вестник Дона, 2013. №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2001.

4. Хазанович Г.Ш., Ляшенко Ю.М., Носенко А.С., Остановский А.А., Никитин Е.В. Разработка гидрофицированных погрузочных и транспортных модулей горнопроходческих машин. // Научно-технические проблемы строительства вертикальных стволов, околоствольных дворов, горизонтальных и наклонных выработок: сб. науч. тр. / АО «Ростовшахтострой», Новочерк. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: НГТУ, 1998. С. 159-164.

5. Носенко А.С., Каргин Р.В., Хазанович В.Г., Носенко В.В. Разработка гидрофицированных модулей погрузочно-транспортных систем. // Горное оборудование и электромеханика. 2009. №4. С. 13-16.

6. Ключникова О.В., Шаповалова А.Г., Цыбульская А.А. Основные принципы выбора типа и количества строительных машин для комплексного производства работ//Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2064.

7. Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network URL: bmvit.gv.at/verkehr/strasse/tunnel/downloads/EURL_200454EGvom762004en.pdf.
8. Agreement on Main International Traffic Arteries (AGR) ECE/TRANS/SC.1/384 14 March 2008. URL: unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/ECE-TRANS-SC1-384e.pdf.
9. Caterpillar performance handbook. Edition 41. Caterpillar Inc., 2011, - 1474 p.
10. Caterpillar performance handbook. Edition 29. Caterpillar Inc., 2011.- 1014p.

References

1. Nosenko A.S. Rabochie processy, parametry i jeffektivnost' shahtnyh pogruzochnyh mashin s gidravlichesкими приводами [Work process, parameters and efficiency underground loading machines with hydraulic drive]: dis. ... d-r tehn. nauk: 05.05.06. Novocherkassk, 2000. 279 p.
2. Nosenko A.S., Hazanovich V.G., Nosenko V.V., Shemshura E.A. Mining Equipment and Electromechanics. 2009. №7. Pp. 8-11.
3. Shemshura E.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013. №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2001.
4. Hazanovich G.Sh., Ljashenko Ju.M., Nosenko A.S., Ostanovskij A.A., Nikitin E.V. Nauchno-tehnicheskie problemystroitel'stva vertikal'nyh stvolov, okolostvol'nyh dvorov, gorizontal'nyh i naklonnyh vyrabotok: trudy. Novocherkassk: NGTU, 1998. Pp. 159-164.



5. Nosenko A.S., Kargin R.V., Hazanovich V.G., Nosenko V.V. Mining Equipment and Electromechanics. 2009. №4. Pp. 13-16.
6. Kljuchnikova O.V., Shapovalova A.G., Cybul'skaja A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2064.
7. Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network URL: bmvit.gv.at/verkehr/strasse/tunnel/downloads/EURL_200454EGvom762004en.pdf.
8. Agreement on Main International Traffic Arteries (AGR)ECE/TRANS/SC.1/384 14 March 2008. URL: unece.org/fileadmin/DAM/trans/conventn/ECE-TRANS-SC1-384e.pdf.
9. Caterpillar performance handbook. Edition 41. Caterpillar Inc., 2011. 1474 p.
10. Caterpillar performance handbook. Edition 29. Caterpillar Inc., 2011. 1014p.