

УДК 622.619

Е.А. Шемшур

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРНОПРОХОДЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Семинар № 22

На современном этапе экономического развития актуальность проблемы повышения эффективности горнопроходческих работ не вызывает сомнений. Одним из путей ее решения является обоснованный выбор горнопроходческого оборудования, этапы которого содержат обоснование целевой функции, системы ограничений, моделирование работы вариантов оборудования, их сопоставление и выбор наиболее приемлемого.

Эффективность проходческих систем принято оценивать следующими величинами [1]: производительностью системы Q , м³/см, м³/ч; удельной трудоемкостью T , чел.-смен/м³; удельными энергозатратами \mathcal{E} , кДж/м³; удельными стоимостными показателями C , руб/м³. В настоящем исследовании в качестве целевой функции приняты приведенные (удельные) к 1 м³ горной выработки в целике затраты на эксплуатацию оборудования $C_{ЭО}$, ограничением является уровень производительности системы не ниже заданного. Приведенные фактические затраты представим в виде формулы $C_{ЭО} = C_{ам} + C_M + C_{эл} + C_{э} + C_{pp}$, где часть статистически постоянных членов, таких как заработная плата $C_{эл}$, амортизационные отчисления на реновацию $C_{ам}$, затраты на материалы C_M , стоимость энергии $C_{э}$ определяются по известным методикам, но в отличие от них выражаются через требуемую производительность. Осо-

бую группу в рассматриваемых затратах составляют затраты на поддержание и восстановление работоспособного состояния машин C_{pp} , напрямую зависящие от их технического уровня, надежности, и существующей организации сервиса оборудования. В эту группу входят удельные затраты на капитальный ремонт $C_{кр}$, профилактические ремонты C_p , и ликвидацию случайных отказов C_o .

$$C_{pp} = C_{кр} + C_p + C_o.$$

Математическая модель, связывающая производительность проходческой системы и ее стоимостные характеристики, имеет следующий вид

$$C_{ЭО} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_{ш} K_i \alpha + \frac{\tau_{np}}{t_{см}} \left(n_m + \frac{T_{всн}}{t_{см}} \right) + N_2 K_c \tau z}{T_{ф.i}}}{Q} +$$

$$+ \frac{\sum_{i=1}^n \frac{T_{н.р}}{T_{кр.i}} K_i \alpha + \sum_{i=1}^n \left(C_{рo} \frac{T_{н.р}}{T_{р.o}} + \sum_{j=1}^1 C_{т} \frac{T_{н.р}}{T_{м.j}} \right)}{QT_{н.р}},$$

$$+ \frac{T_{н.р} \sum_{i=1}^n \lambda_i (\tau_p m T_{в.ср} + C_{зч})}{QT_{н.р}},$$

где n - количество механического оборудования в забое; $C_{маш.i}$ - балансовая стоимость машины для потребителя, руб.; $T_{ф}$ - фактический ресурс для списания, ч; Q - требуемая производительность проходческой системы, м³/ч; K_o - коэффициент, учитывающий заготовительно-складские расходы; $\tau_{пр}$ - тарифная ставка

проходчика со всеми доплатами и начислениями, руб/см; $t_{см}$ – расчетная (чистая) продолжительность смены, ч; n_m – число проходчиков, занятых на основных операциях; $T_{всп}$ – суммарная трудоемкость вспомогательных работ за смену, чел.-ч/м³; z – тариф на электроэнергию, руб/кВт-ч; N_{Σ} – суммарная энерговооруженность забоя, кВт; K_c – средний коэффициент спроса в течение смены; τ – относительная продолжительность работы оборудования за смену; K_i – калькуляционной стоимости ремонта машины на рудоремонтном заводе, руб; $T_{кр}$ – реальной средней длительности ремонтного цикла, ч; $T_{н,р}$ – достигнутый ресурс машины, ч; α – коэффициент, учитывающий затраты на демонтаж, транспортировку и монтаж машин при каждом капитальном ремонте; $T_{р.о}$, $T_{т. j}$ – наработка машин проходческой системы на ремонтный осмотр и текущий ремонт j -го типа соответственно; l – количество текущих ремонтов j -го типа; $C_{ро}$, $C_{т}$ – затраты на ремонтные осмотры оборудования и проведение текущих ремонтов соответственно, руб.

$$C_{ро} = \tau_p \cdot q_{ро} + C_{рм},$$

$$C_{т} = \tau_t \cdot q_{т} + C_{зч} + C_{рм},$$

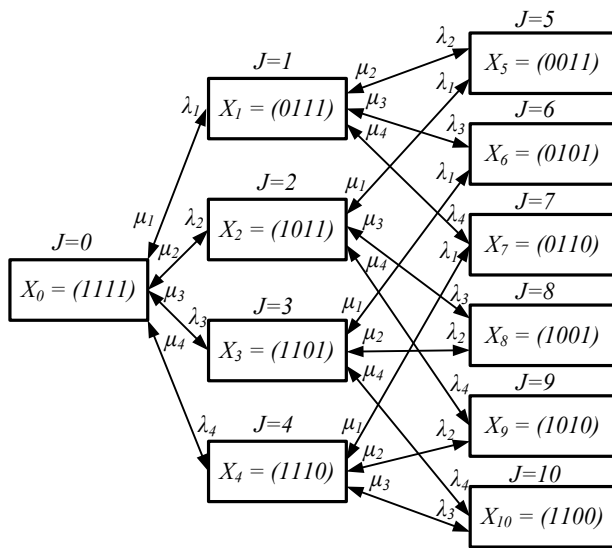
здесь τ_p – средняя часовая зарплата рабочего-ремонтника с доплатами и начислениями, руб/ч; $q_{ро}$, $q_{т}$ – трудоемкость выполнения ремонтного осмотра и текущего ремонта соответственно, чел.-ч; $C_{зч}$, $C_{рм}$ – затраты на запасные части и расходные материалы соответственно, руб; λ_i – интенсивность отказов машины (определяется по данным наблюдений за работоспособностью оборудования); $T_{в.ср}$ – среднее время устранения отказа проходческой системы, ч; t – количество рабочих-ремонтников занятых устранением отказа.

Представленное выражение позволяет определять приведенные затраты на эксплуатацию оборудования проходческой системы на любой момент отработки ресурса при обеспечении эксплуатационной производительности не ниже заданной.

Известно, что любая проходческая система является типично сложной системой, состоящей из подсистем, решающих три основные технологические задачи: 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 (работы, профилактики, ремонта). Для математического описания процесса функционирования проходческой системы с учетом влияния случайных факторов, таких как потоки отказов и восстановлений оборудования, проведен априорный анализ надежности сложной системы, состоящей из определенного количества подсистем. Элементы каждой i -ой подсистемы характеризуются интенсивностью отказов λ_i и восстановлений μ_i . Величины λ_i и μ_i являются достаточным математическим описанием работы проходческой системы при $i = 1, 2, 3, 4$. Величины с индексом $i=1$ относим к средству разрушения массива; $i=2$ – средству для уборки горной массы; $i=3$ – средствам перемещения горной массы до магистральных средств транспорта; $i=4$ – оборудованию для крепления выработки. Каждый элемент находится в одном из двух состояний

$$X_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й элемент работоспособен} \\ 0, & \text{если } i\text{-й элемент неработоспособен} \end{cases}$$

При этом возможны такие отказы



Ориентированный граф состояний проходческой системы

элементов сложной системы, которые снижают качество функционирования машины, но не приводят к ее полному отказу.

Процесс изменения состояний проходческой системы описывается однородным Марковским процессом с непрерывным временем и конечным числом дискретных состояний, характеризующийся стационарной матри-

цей интенсивности переходов

$$P_{ij}(t) = P\{\bar{X}(t+dt) = j / \bar{X}(t) = i\}.$$

Возможные состояния системы и переходы между ними изображаются с помощью графа состояний, представленном на рисунке.

В результате проведенных преобразований получена система дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами для определения вероятностей состояния проходческой системы (1). Задавшись начальными условиями и решая систему уравнений, получаем вероятности $P_i(t)$ того, что система в момент t будет находиться в состоянии

$$X(t) = j, \quad j = 0, 1, 2 \dots 10.$$

Это, в свою очередь, позволяет производить оценку качества функционирования системы по известным показателям надежности. На данной логической основе составлена имитационная модель, предназначенная для решения задач, связанных с оценкой эффективности проходческих систем [2].

$$\begin{cases} P'_0(t) = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4)P_0(t) + \mu_1P_1(t) + \mu_2P_2(t) + \mu_3P_3(t) + \mu_4P_4(t) \\ P'_1(t) = \lambda_1P_0(t) + \mu_2P_5(t) + \mu_3P_6(t) + \mu_4P_7(t) - (\mu_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4)P_1(t) \\ P'_2(t) = \lambda_2P_0(t) + \mu_1P_5(t) + \mu_3P_8(t) + \mu_4P_9(t) - (\mu_2 + \lambda_1 + \lambda_3 + \lambda_4)P_2(t) \\ P'_3(t) = \lambda_3P_0(t) + \mu_1P_6(t) + \mu_2P_8(t) + \mu_4P_{10}(t) - (\mu_3 + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_4)P_3(t) \\ P'_4(t) = \lambda_4P_0(t) + \mu_1P_7(t) + \mu_2P_9(t) + \mu_3P_{10}(t) - (\mu_4 + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)P_4(t) \\ P'_5(t) = \lambda_2P_1(t) + \lambda_1P_2(t) - (\mu_2 + \mu_1)P_5(t) \\ P'_6(t) = \lambda_3P_1(t) + \lambda_1P_3(t) - (\mu_3 + \mu_1)P_6(t) \\ P'_7(t) = \lambda_4P_1(t) + \lambda_1P_4(t) - (\mu_4 + \mu_1)P_7(t) \\ P'_8(t) = \lambda_3P_2(t) + \lambda_2P_3(t) - (\mu_2 + \mu_3)P_8(t) \\ P'_9(t) = \lambda_4P_2(t) + \lambda_2P_4(t) - (\mu_4 + \mu_2)P_9(t) \\ P'_{10}(t) = \lambda_4P_3(t) + \lambda_3P_4(t) - (\mu_4 + \mu_3)P_{10}(t) \end{cases}$$

Таким образом, выбор рациональных вариантов оснащения проходческого забоя, эффективность применения горнопроходческого оборудования в системе и прогнозные (оптимальные) сроки его эксплуатации определяются на основании фактиче-

ских показателей надежности по критерию минимальных приведенных затрат на его эксплуатацию на момент отработки установленного ресурса при обеспечении эксплуатационной производительности не ниже заданной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хазанович Г.Ш.* Проблемы имитационного моделирования горнопроходческого оборудования. // Механизация, автоматизация и электрификация горного и строительного производств, сервис технологических машин и оборудования: Сб. науч. тр. / Шахтинский ин-т ЮРГТУ (НПИ). - Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2005. - С. 7-13.

2. *Шемшуря Е.А.* Моделирование удельных затрат производства при эксплуатации

оборудования буровзрывной проходческой системы с учетом показателей надежности. // Компьютерные технологии в науке, производстве, социальных и экономических процессах: Материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 25 сентября 2001г.: В 6 ч. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). - Новочеркасск: НПО "Темп", 2001. - Ч. 3. - С. 45-48. **ПЛАБ**

Коротко об авторе

Шемшуря Е.А. – Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института), кафедра «Сервис транспортных и технологических машин».

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 22 симпозиума «Неделя горняка-2009». Рецензент д-р техн. наук, проф. *Л.И. Кантович*.



РУКОПИСИ,

ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

1. *Авдохин В.М., Морозов В.В., Л. Батаа* Повышение эффективности флотации на основе оперативного определения степени окисленности руд (683/05-09 — 20.01.09) 6 с.
2. *Эквист Б.В.* Снижение сейсмического воздействия крупномасштабных массовых взрывов на охраняемые объекты Стойленского ГОКа (684/05-09 — 16.03.09) 3 с.