© В.И. Бош, 2007

УДК 622.272

В.И. Бош

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ

На функционирование шахтных систем и их элементов оказывают воздействие многочисленные субъективные и объективные факторы. Оценкой воздействия негативных и позитивных факторов служит изменение параметров случайных импульсных потоков $X_s(t)$ $(s = t_1, t_2, t_3, \cdots, t_n)$. Основным показателем оценки является вероятность $p_s = \overline{\mu}_s \overline{\tau}_s$ появления импульсов и пауз $\overline{p}_s = \overline{\mu}_s \overline{\theta}_s$ потоков. Изменением вероятностей p_s и $\overline{p}_s$ служат изменения частот $\overline{\mu}_s$ и математических ожиданий длительностей импульсов $\overline{\tau}_s$ (пауз $\overline{\theta}_s$) потоков. Если вероятность появления импульсов увеличивается, то это возможно при условии увеличения произведения частоты на математическое ожидание длительности импульса. При этом вероятность появления пауз уменьшится потому, что $p_S = 1 - \overline{p}_S$. В свою очередь, частота $\overline{\mu}_s$ является обратной величиной периода $\overline{T}_S$. Так как $\overline{\mu}_S = (\overline{T}_S)^{-1} = (\overline{\tau}_S + \overline{\theta}_S)^{-1}$, то частота $\overline{\mu}_s$ связана с математическими ожиданиями длительностей импульсов и пауз. В результате простейшего анализа можно прийти к выводу, что увеличение вероятности ps происходит только за счет увеличения математического ожидания $\overline{\tau}_s$ длительности импульса или уменьшения математического ожидания $\overline{\theta}_s$ длительности паузы. В результате любые мероприятия, направленные на повышение эффективности функционирования шахтных систем, связанные с увеличением их безотказности, вызовут увеличение длительностей импульсов (уменьшение пауз) $X_s(t)$ $(s = t_1, t_2, t_3, \cdots, t_n)$ потоков, описывающих с математических позиций эти системы.

Существует достаточно много мероприятий, направленных на повышение эффективности функционирования систем и их оборудования. Наиболее распространенным мероприятием служит применение временной избыточности. Временная избыточность системы может быть получена не только за счет накопителей, но и использования всевозможных других средств. Например, замены в ремонтные смены отдельных элементов системы, наработка на отказ которых по неизвестным причинам оказывается меньше нормативной, изменением стратегии управления и т. д. Этим самым достигается резерв времени на замену ненадежных элементов элементами с нормативной наработкой на отказ в процессе устранения отказа. Естественно, если замена более надежным элементом менее надежного элемента будет осуществляться при техническом ремонте, то частота остановок выемочных машин и их длительность в рабочее время уменьшится.

Решение данной задачи рассмотрим на примере отдельной единицы оборудования (элемента). Пусть его функционирование описывается слу-чайным импульсным потоком X(t). Параметры потока известны. Для предупреждения отказов элементов используются запасные элементы. Однотипные параметры запасного элемента такие же, как и у рабочего. Технические ремонты проводятся с частотой, которая равна

$$\overline{\mu}^* = \frac{1}{\overline{T}^*}. \qquad (1)$$

Здесь $\overline{T}^*$ - периоды межтехнических ремонтов. Любые мероприятия не исключают возникновение отказов элементов в межремонтные периоды. Их частота определяется как

$$\overline{\mu}^* = \overline{\mu}(\tau < \overline{T}^*) = \overline{\mu}\int_0^{\overline{T}^*} \alpha(\tau)d\tau, \qquad (2)$$

где $\overline{\mu}$ и $\alpha(\tau)$ - частота и плотность вероятности длительностей импульсов X(t).

По отношению к частоте $\overline{\mu}_s$ исходного потока X(t), частота $\overline{\mu}^*$ потока $X^*(t)$, учитывающего ремонтно-профилактическое обслуживание, уменьшилась на величину

$$\Delta\overline{\mu}^* = \overline{\mu} - \overline{\mu}\int_0^{\overline{T}^*} \alpha(\tau)d\tau = \overline{\mu}\left[1 - \int_0^{\overline{T}^*} \alpha(\tau)d\tau\right] = \qquad (3)$$

$$= \overline{\mu}\int_0^{\infty} \alpha(\tau)d\tau,$$

Вероятность работы оборудования была равна

$$p = 1 - \overline{\mu}\overline{\theta}, \qquad (4)$$

где $\overline{\theta}$ - математическое ожидание длительности паузы исходного потока X(t) (средняя длительность времени восстановления отказов элементов).

В результате замены элементов при технических ремонтах вероятность их работы стала

$$p^* = 1 - \overline{\mu}^*\overline{\theta}^* = 1 - \overline{\mu}^*\overline{\theta}. \qquad (5)$$

Замена оборудования во время ремонтно-технического обслуживания не изменяет время восстановления отказов в процессе эксплуатации системы. Поэтому в выражениях (4) и (5) время восстановления отказов имеет одно и тоже значение. По отношению к вероятности p исходного потока X(t) вероятность p^* полученного потока $X^*(t)$ увеличилась на

$$\Delta p^* = p^* - p = \overline{\theta}(\overline{\mu} - \overline{\mu}_{об}) =$$

$$= \overline{\theta}\left[\overline{\mu} - \overline{\mu}\int_0^{\overline{T}^*} \alpha(\tau)d\tau\right] = \qquad (6)$$

$$= \overline{\theta}\overline{\mu}\left[1 - \int_0^{\overline{T}^*} \alpha(\tau)d\tau\right] = \overline{p}\int_{\overline{T}}^{\infty} \alpha(\tau)d\tau,$$

где $\overline{p}$ - вероятность появления пауз потока X(t) (отказов элементов в случае отсутствия технических ремонтов).

В пределе, когда время $\overline{T}^*$ межремонтных периодов стремится к нулю, приращение Δp^* вероятности появления импульсов потока $X^*(t)$ стремится к значению $\overline{p}$ вероятности появления отказов исходного потока X(t). Это говорит о том, что безотказную работу элементов системы можно обеспечить только при постоянно выполняемых технических ремонтах с межремонтным периодом, равным нулю. В производственных условиях такой подход невозможен. Поэтому для шахтных систем всегда возможен

отказ элементов в процессе их эксплуатации.

Технические ремонты уменьшают частоту отказов, увеличивая вероятность работы элементов системы. При замене однотипных элементов, независимо от периодов ремонтно-технического обслуживания систем, время восстановления отказов остается постоянным. Если это так, то технические ремонты увеличивают наработку на отказ элементов, т. е. математическое ожидание длительности импульса потока $X^*(t)$ станет больше математического ожидания импульса потока X(t). Для подтверждения такого заключения поступим следующим образом. Математическое ожидание длительности импульса исходного потока равно

$$\bar{\tau} = \frac{p}{\bar{\mu}} = \frac{1-\bar{p}}{\bar{\mu}}. \qquad (7)$$

С проведением технических ремонтов, если воспользоваться зависимостями (2) и (5), среднюю наработку на отказ элемента можно представить в виде

$$\bar{\tau}^* = \frac{1-\bar{p}^*}{\bar{\mu}^*} = \frac{1-\bar{\theta}\bar{\mu}\int_0^{\bar{T}^*}\alpha(\tau)d\tau}{\bar{\mu}\int_0^{\bar{T}^*}\alpha(\tau)d\tau}. \qquad (8)$$

Для определения приращения $\Delta\bar{\tau}^*$ длительности импульсов $X^*(t)$, полученного от проведения технических ремонтов элементов системы, следует вычесть значение $\bar{\tau}$, рассчитанное по (7), из величины $\bar{\tau}^*$ найденной согласно (8). В результате будем иметь

$$\Delta\bar{\tau}^* = \frac{1-\bar{p}\int_0^{\bar{T}^*}\alpha(\tau)d\tau}{\bar{\mu}\int_0^{\bar{T}^*}\alpha(\tau)d\tau} - \frac{1-\bar{p}}{\bar{\mu}} =$$

$$= \frac{1-\bar{p}\int_0^{\bar{T}^*}\alpha(\tau)d\tau - \int_0^{\bar{T}^*}\alpha(\tau)d\tau + \bar{p}\int_0^{\bar{T}^*}\alpha(\tau)d\tau}{\bar{\mu}\int_0^{\bar{T}^*}\alpha(\tau)d\tau} =$$

$$= \frac{(\bar{\tau}+\bar{\theta})\int_{\bar{T}^*}^{\infty}\alpha(\tau)d\tau}{\int_0^{\bar{T}^*}\alpha(\tau)d\tau}, \qquad (9)$$

где $\bar{\mu} = \frac{1}{\bar{\tau}+\bar{\theta}}; \int_{\bar{T}^*}^{\infty}\alpha(\tau)d\tau = 1 - \int_0^{\bar{T}^*}\alpha(\tau)d\tau.$

Согласно (9), приращение $\Delta\bar{\tau}^*$ с уменьшением межремонтного периода увеличивается. В пределе, когда $\bar{T}^* \to 0$, увеличение длительности τ^* импульса потока $X^*(t)$ стремится к бесконечности, а с увеличением $\bar{T}^*$ длительность τ^* уменьшается. При отсутствии технических ремонтов ($\bar{T}^* \to 0$) значение $\tau \to 0$.

Воздействие на паузу случайного потока, описывающего функционирование элементов системы, за счет использования временной избыточности, обеспечиваемой накопителем, позволяет получить запас времени на устранение отказов элементов. При наличии бункера-накопителя запас времени на устранение отказов, которое называют временем задержки, заранее можно рассчитать, как было показано в [l] Время задержки при воздействии на импульс (наработку на отказ) случайного потока (элемента) предварительно определить невозможно. Вызвано это тем, что оно не является

величиной постоянной, а изменяется в достаточно широких пределах.

Если рассчитать среднее время задержки, то используя δ- преобразование пауз исходного потока X(t) можно определить математические ожидания импульса и паузы искомого потока $X^*(t)$, в том числе и законы их распределения.

Предложенный подход позволяет оценить внедрение мероприятий по повышению эффективности функционирования шахтных систем и их оборудования, а во многих случаях и предупреждать вынужденные остановки выемочных машин, осуществляя замену оборудования низкой надежности невысоко надежным оборудованием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шпиганович, А.Н.* Случайные потоки в решениях вероятностных задач: Учебное пособие [Текст]/ А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, В.И. Бош, Липецк: ЛГТУ, 2003.-233 с. ГИАБ

Коротко об авторах

Бош Виолетта Иосифовна – доцент, кандидат технических наук, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Липецкий государственный технический университет».

Статья представлена Государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Липецкий государственный технический университет».
Рецензент – *Плащанский Леонид Александрович,* доктор технических наук, профессор, Московский государственный горный университет.

Д И С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
ГОУ ВПО «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ЗОЛОТА»			
КАРЕПАНОВ Артем Викторович	Обоснование технологических параметров предварительной подготовки глинистых песков при бульдозерной разработке россыпных месторождений	25.00.22	к.т.н.