

13. Парфенюк О.С., Топоров А.А., Кутняшенко І.В. Ефективний шлях вирішення проблеми твердих відходів в Україні — індустріальна термолізно-енергетична рекуперация // Безпека життєдіяльності, 2005. — № 12. — С. 8–12.

14. Парфенюк А.С., Топоров А.А., Кутняшенко И.В. Термолизно-енергетическая рекуперация отходов: состояние разработок и перспективы // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Хімія і хімічна технологія, 2004. — Вип. 77. — С. 57–65.

© Парфенюк А.С., Кутняшенко И.В., 2009  
Поступила в редакцию 23.02.2009 г.

УДК 662.741

**\*Радченко И.Е., \*\*Парфенюк А.С., \*\*Топоров А.А.** (\*ОАО Часовярский огнеупорный комбинат, \*\*ДонНТУ)

### К ОПРЕДЕЛЕНИЮ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

*Для упрощения ввода в эксплуатацию систем автоматизированного управления ремонтом и техническим обслуживанием оборудования горно-металлургического комплекса предложена математическая модель прогнозирования его безотказной работы, основанная на оценке последствий отказов.*

*Ключевые слова: горно-металлургический комплекс, автоматизированное управление, математическая модель прогнозирования.*

Одну из острейших нынешних проблем промышленности составляет использование морально устаревшего и физически изношенного оборудования. Во многих случаях именно эти факторы являются причиной аварий, травм и техногенных катастроф. Современное экономическое положение на предприятиях горно-металлургического комплекса и повышение требований к качеству и конкурентоспособности выпускаемой продукции сделали необходимым разработку более гибких стратегий проведения ремонтных работ и соответствующих им систем ТО и Р. Такие системы должны обеспечивать быстрое реагирование на изменяющуюся степень загруженности технологических линий и поддержание необходимого уровня надежности оборудования.

Анализ материалов обследования технического состояния основного оборудования предприятий горно-металлургического комплекса показал, что подавляющая часть эксплуатируемого оборудования находится на заключительном этапе жизненного цикла. Это обуславливает важность задачи прогнозирования безотказной работы оборудования при совместном действии внезапных и износных отказов.

Совместную вероятность безотказной работы элемента с учетом внезапных и износных отказов в период от  $T = 0$ , когда элемент новый, до времени  $T$  можно получить из формулы [1]:

$$R(T) = e^{-\lambda T} \frac{R_u(0+T)}{R_u(0)} = e^{-\lambda T} R_u(T), \quad (1)$$

так как  $R_u(0)$  по предположению равно единице. В этой формуле

$$R_u(T) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \int_T^{\infty} e^{-(T-M)^2 / 2 \cdot \sigma^2} dT, \quad (2)$$

где  $T$  — наработка элемента,  $M$  — среднее значение его долговечности.

На рис. 1 приведена кривая  $R(T)$  при  $m > M$ , а на рис. 2 — та же кривая для  $M > m$ . Кривая надежности получается умножением вероятности безотказной работы с учетом только внезапных отказов ( $e^{-\lambda T}$ ) на вероятность безотказной работы с учетом износа ( $R_u$ ).

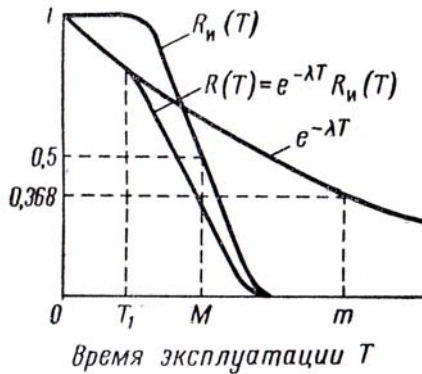


Рис. 1. Кривая надежности для  $m > M$

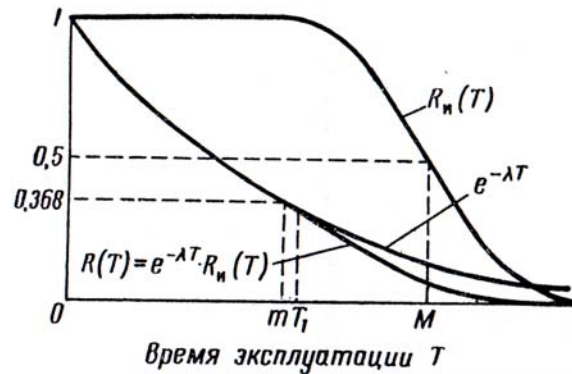


Рис. 2. Кривая надежности для  $m < M$

Из приведенных графиков следует, что до наработки  $T_1$  функция надежности совпадает с экспоненциальной. Позднее начинают преобладать износные отказы, и кривая, учитывающая совместные влияния внезапных и износных отказов, резко убывает.

Формулу (1) можно использовать только для  $T = 0$ , когда элемент новый. Если элемент уже имеет какую-то наработку  $T_0$ , то используем следующее выражение:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \frac{R_u(T_0 + t)}{R_u(T_0)}, \quad (3)$$

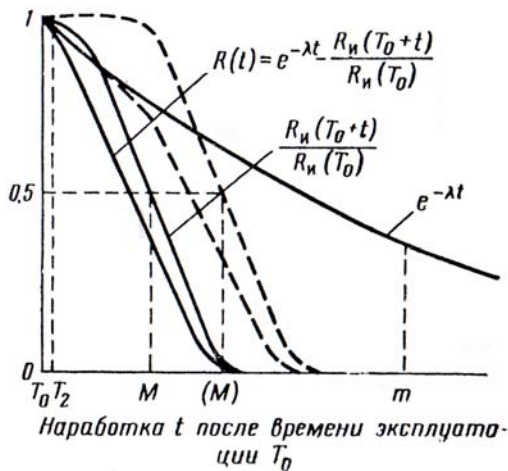


Рис. 3. Надежность элемента, эксплуатировавшегося в течение времени  $T_0$

Значение вероятности равно 1 для  $t = 0$ , т. е. в начале рассматриваемого промежутка работы. На рис. 3 воспроизведена кривая рис. 1 при учете начальной наработки  $T_0$  по формуле (3).

Вначале, когда элемент новый ( $T = 0$ ), кривая в нашем примере, учитывающая совместное влияние внезапных и износных отказов, совпадает с экспоненциальной вплоть до  $0,4M$  час. После того как наработка достигает  $0,4 M$  кривая совместного влияния (см. рис. 3) следует экспоненциальной только на небольшом участке за  $T_0$ , а затем быстро убывает после  $t = T_2$ , т. е. когда наработки

элемента становятся больше  $T_0 + T_2$ . Пунктиром изображен первоначальный график кривой совместного влияния внезапных и износных отказов в сравнении с экспоненциальной кривой.

Очевидно, что, в то время как значение  $m$  средней наработки на отказ остается без изменения, величина  $M$  (среднего значения долговечности) в новой системе координат, учитывающей наработку элемента, переместилась гораздо ближе к началу отсчета. Очевидно, что после того, как наработка элемента превысит значение  $T_0 + T_2$ , отказы элемента не будут больше подчиняться экспоненциальному закону, и элемент станет чрезвычайно ненадежным.

Данные об отказах элементов, полученные при эксплуатации, являются смесью приработочных, внезапных и износных отказов, которые трудно разделить. Если нужна высокая надежность системы в течение большого промежутка времени, износные отказы элементов должны быть полностью исключены с помощью профилактической замены каждого из элементов в соответствии с его долговечностью, причем для замены нужно использовать только элементы, прошедшие приработку. Когда это правило соблюдается и когда используются достаточно надежные элементы, можно обеспечить весьма высокую надежность системы [2–4]. Сложившаяся ситуация обуславливает необходимость создания на предприятиях служб технической диагностики, которые позволят более точно устанавливать сроки и объем работ по обслуживанию и ремонту, контролировать основные эксплуатационные показатели оборудования во время работы, определить готовность машины для выполнения заданного цикла работ, прогнозировать остаточный ресурс и наработку «критических» деталей и их узлов.

Для совершенствования системы технического обслуживания и ремонта путем повышения уровня надежности оборудования, находящегося под действием внезапных и износных отказов, предлагается следующее:

- создать каталог деталей оборудования и выделить из него «критические» элементы. Под критическими элементами следует понимать детали, выход из строя которых повлечет за собой срыв плана производства на длительное время, однако нет возможности держать их на складе из-за высокой стоимости;
- в каждом конкретном случае определять периодичность экспертной оценки состояния критической детали. Это позволит, с учетом информации о состоянии детали, оптимально назначать срок проведения ремонта оборудования, максимально исключив вероятность появления внезапных отказов;
- разработать математическую модель для расчета минимально необходимого количества запасных частей, которое обеспечит желаемый уровень надежности оборудования. Модель должна основываться на использовании множителей Лагранжа и учитывать, что наработка деталей на отказ распределяется по закону Вейбулла;
- разработать комплекс математических моделей для прогнозирования изменения показателей безотказности оборудования. Это даст возможность руководству предприятия видеть вероятность выполнения конкретного заказа  $R(T)$  за определенный промежуток времени и принять решение.

### Выводы

1. Комплекс математических моделей для прогнозирования безотказной работы «критических» деталей основывается на экономическом факторе, который оценивает последствия отказов и выступает в качестве критерия значимости. Это позволяет резко ограничить количество деталей, техническое состояние которых должно подвергаться экспертной оценке.

2. Предложенный подход позволит оценить степень использования параметров надежности «критической» детали и обоснованно назначить ресурс оборудования.

3. Внедрение математического описания процесса разрушения детали и оценка вероятности безотказной работы  $R(T)$  оборудования является фундаментом к разработке систем управления надежностью оборудования, оценки тенденций ее изменения и достигнутого уровня.

4. Упрощается ввод в эксплуатацию систем автоматизированного управления ремонтом и техническим обслуживанием, так как отпадает необходимость оценки технического состояния всех деталей. Это существенно для предприятий как с большим, так и с малым бюджетом.

### Литература

1. Базовский И. Надежность. Теория и практика. — М., 1965. — 310 с.
2. Гребенник В.М., Цапко В.К. Надежность металлургического оборудования (оценка эксплуатационной надежности и долговечности): Справочник. — М.: Металлургия, 1989. — 592 с.
3. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. — М.: МГТУ им. Баумана, 2002. — 560 с.
4. Гриневич В.И., Цапко В.К. Прогнозирование усталостной долговечности деталей металлургического оборудования // Надежность и долговечность машин и сооружений. — К.: Наукова думка, 1986. — Вып. 9. — С. 17–21.

© Радченко И.Е., Парфенюк А.С., Топоров А.А., 2009  
Поступила в редакцию 23.02.2009 г.

УДК 6227

**Смирнов А.И., Волкова Е.И., Перепичай Н.В. (ДонНТУ)**

### РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

*Предложен метод утилизации осадков шахтных вод. Исследована возможность получения сгущенного осадка и его отверждения.*

*Ключевые слова: шахтные воды, утилизация, гранулометрический анализ, сгущение, отверждение.*

Промышленное производство, обеспечивающее жизнедеятельность человечества, одновременно является источником большого количества небезопасных отходов, интенсивно загрязняющих водоемы, землю и воздух. Вода выносит огромные массы растворенных веществ в моря и океаны, где происходят сложные химические и биохимические процессы, способствующие самоочищению водоемов.

Но усиление загрязнения воды промышленными и бытовыми отходами приводит к нарушению процессов самоочищения, наносит ущерб обитателям